عددی ادوار اور خرد عامل کار

تخلیق و تجزیہ

خالد خان یوسفزئی

khalidyousafzai@hotmail.com

۱ ستمبر ۲۰۲۶

عنوان

دیباچہ vii

دیباچہ ix

۱ ثنائی نظام ۱
۱.۱ عشری نظام گنتی ۱
۱.۲ ہشتمی نظام گنتی ۳
۱.۳ ثنائی نظام گنتی ۳
۱.۴ عشری نظام سے ثنائی نظام میں تبادلہ ۵
۱.۵ اساس سولہ (سادس عشری) نظام گنتی ۷
۱.۶ اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ ۸
۱.۷ اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ ۸
۱.۸ اساس آٹھ اور اساس سولہ سے اساس دو میں تبادلہ ۹

۲ بنیادی حساب ۱۳
۲.۱ ثنائی نظام میں اعداد منفی کرنا ۱۴
۲.۲ اساسی تکملہ یا r کا تکملہ ۱۵
۲.۳ اساس منفی ایک تکملہ یا $(r-1)$ کا تکملہ ۱۶
۲.۴ دو اعداد کی منفی بذریعہ اساسی تکملہ ۱۷
۲.۵ اساس منفی ایک تکملہ کے ذریعہ اعداد منفی کرنا ۱۹
۲.۶ مثبت اور منفی اعداد ۲۱
۲.۷ علامت دار و تکملہ نظام ۲۳

۳ بوولین الجبرا ۲۷
۳.۱ بوولین الجبرا کے بنیادی تصورات ۲۷
۳.۱.۱ منطقی ضرب ۲۸
۳.۱.۲ منطقی جمع ۲۹

۳.۱.۳ منطقی نفی ۳۱
۳.۱.۴ منطقی بلاشرکت جمع ۳۱
۳.۱.۵ منطقی ضد بلاشرکت جمع ۳۲
۳.۲ برقی تاروں میں جوڑ کی وضاحت ۳۲
۳.۳ عددی گیٹ ۳۳
۳.۳.۱ ضرب گیٹ ۳۳
۳.۳.۲ جمع گیٹ ۳۴
۳.۳.۳ نفی گیٹ ۳۵
۳.۳.۴ متعدد مداخل گیٹ ۳۵
۳.۳.۵ ضرب متمم گیٹ اور جمع متمم گیٹ ۳۸
۳.۳.۶ بلاشرکت جمع گیٹ اور بلاشرکت جمع متمم گیٹ ۴۱
۳.۴ گیٹوں کے برقی خواص ۴۱
۳.۴.۱ مستحکم کار ۴۴
۳.۴.۲ مخلوط ادوار ۴۶
۳.۵ بوولین تفاعل کا تخمینہ ۴۸
۳.۵.۱ بوولین تفاعل کا تخمینہ ۴۸
۳.۶ قوسین میں بند بوولین تفاعل ۵۰
۳.۷ بوولین الجبرا کے بنیادی قوانین ۵۲
۳.۸ ڈی مارگن کے کلیات ۵۷
۳.۹ جڑواں بوولین تفاعل ۶۰
۳.۱۰ ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب ۶۰
۳.۱۱ ارکان جمع کی ضرب کی ترکیب ۶۴
۳.۱۲ مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کے مابین تبادلہ ۶۸
۳.۱۳ ضرب و جمع دور سے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول ۶۹
۳.۱۴ جمع و ضرب دور سے متمم جمع و متمم جمع دور کا حصول ۷۱
۳.۱۵ علامتی روپ یا رمز ۷۲
۳.۱۵.۱ ایسکی رمز اور عالمی رمز ۷۲
۳.۱۵.۲ عشری اعداد کے ثنائی رمز ۷۴
۳.۱۵.۳ گرے رمز ۷۴

۴ کارناف نقشہ جات ۸۱
۴.۱ کارناف نقشے کا بنیادی خاکہ ۸۱
۴.۲ کارناف نقشے کی بھرائی ۸۳
۴.۳ کارناف نقشے سے تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول ۸۳
۴.۳.۱ دو آزاد متغیر تفاعل ۸۵
۴.۳.۲ تین متغیر تفاعل ۸۸
۴.۳.۳ چار متغیر تفاعل ۹۰
۴.۳.۴ سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول ۹۲
۴.۴ ضرب بعد از جمع روپ میں سادہ مساوات ۹۳
۴.۵ غیر دلچسپ حال ۹۴

۵ ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار ۹۹
۵.۱ ثنائی جمع کار اور ثنائی منفی کار ۱۰۰
۵.۱.۱ نصف جمع کار ۱۰۰
۵.۱.۲ مکمل جمع کار ۱۰۱
۵.۱.۳ منفی کار ۱۰۶
۵.۱.۴ عشری جمع کار ۱۰۷
۵.۲ ثنائی ضرب کار ۱۰۹
۵.۳ شناخت کار ۱۱۲
۵.۴ شناخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول ۱۱۹
۵.۵ داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار ۱۲۲
۵.۵.۱ خارجی منتخب کار ۱۲۲
۵.۵.۲ داخلی منتخب کار ۱۲۳
۵.۵.۳ داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول ۱۲۴
۵.۶ متوازی ثنائی ضرب کار ۱۲۶

۶ معاصر ترتیبی منطق اور ادوار ۱۳۵
۶.۱ گیٹوں کے اوقات کار ۱۳۶
۶.۲ پلٹ کار ۱۳۷
۶.۳ ساعت ۱۴۱
۶.۴ متمم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار ۱۴۲
۶.۴.۱ غیر فعال مداخل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے ۱۴۲
۶.۴.۲ مداخل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے ۱۴۳
۶.۴.۳ مداخل $\overline{R}$ فعال کرنے سے پلٹ کار پست حال اختیار کرتا ہے ۱۴۳
۶.۴.۴ حال دوڑ ۱۴۴
۶.۵ زیادہ مداخل پلٹ کار ۱۴۵
۶.۶ قابل مجاز و معذور پلٹ کار ۱۴۶
۶.۷ آقا غلام پلٹ کار ۱۴۷
۶.۸ ڈی پلٹ کار ۱۵۰
۶.۸.۱ آقا غلام پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار ۱۵۰
۶.۹ ڈی پلٹ کار ۱۵۱
۶.۱۰ جے کے پلٹ کار ۱۵۴
۶.۱۰.۱ ٹی پلٹ کار ۱۵۶
۶.۱۱ ثنائی گنت کار ۱۵۷
۶.۱۲ سلسلہ وار ثنائی جمع کار ۱۵۸
۶.۱۳ معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ ۱۵۹
۶.۱۳.۱ مساوات حال ۱۵۹
۶.۱۳.۲ حال کا جدول ۱۶۱
۶.۱۳.۳ حال کا خاکہ ۱۶۱
۶.۱۳.۴ ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور ۱۶۲
۶.۱۳.۵ جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور ۱۶۳

۶.۱۳.۶ ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا جائزہ ۱۶۶
۶.۱۴ میلی اور مور نمونہ ۱۶۸
۶.۱۴.۱ حال اور ان کی مقرری ۱۶۸
۶.۱۵ معاصر ترتیبی ادوار کی بناوٹ ۱۶۸

۷ دفتر ۱۷۷
۷.۱ سلسلہ وار دفتر ۱۷۷
۷.۱.۱ دائیں انتقال دفتر ۱۷۷
۷.۱.۲ بائیں انتقال دفتر ۱۷۹
۷.۱.۳ دائیں و بائیں انتقال دفتر ۱۷۹
۷.۲ متوازی بھرائی دفتر ۱۸۰
۷.۳ عالمگیر انتقال دفتر ۱۸۰
۷.۴ سلسلہ وار ثنائی جمع کار ۱۸۴

۸ گنت کار ۱۸۷
۸.۱ ثنائی گنت کار ۱۸۷
۸.۲ معاصر گنت کار ۱۸۹
۸.۲.۱ معاصر ثنائی گنت کار ۱۸۹
۸.۲.۲ ثنائی مرموز اعشاری معاصر گنت کار ۱۹۲
۸.۳ دیگر گنت کار ۱۹۶
۸.۳.۱ متغیر لمبائی گنت کار ۱۹۶
۸.۳.۲ بے ترتیب گنت کار ۱۹۶
۸.۳.۳ چھلا گنت کار ۱۹۸
۸.۳.۴ دھڑکن پیدا کار ۱۹۹

۹ حافظہ ۲۰۳
۹.۱ عارضی حافظہ ۲۰۴
۹.۲ پختہ حافظہ ۲۱۲
۹.۳ حافظہ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب ۲۱۵
۹.۳.۱ دو عدد 4×4 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد 8×4 حافظہ کا حصول ۲۱۵
۹.۳.۲ تین 8×16 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک 8×48 حافظے کا حصول ۲۱۸
۹.۳.۳ دو 4×4 حافظے متوازی جوڑ کر 8×4 حافظے کا حصول ۲۲۰
۹.۴ حافظہ کے اوقات کار ۲۲۰
۹.۵ پختہ حافظہ سے ترکیبی ادوار کا حصول ۲۲۶

۱۰ قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار ۲۲۹
۱۰.۱ قابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار ۲۳۰
۱۰.۲ قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار ۲۳۱
۱۰.۳ قابل تشکیل ترتیبی ادوار ۲۳۴

۱۱ غیر معاصر ترتیبی ادوار ۲۳۷

۱۱.۱ تجزیہ ۲۳۹
۱۱.۱.۱ عبوری جدول ۲۳۹
۱۱.۱.۲ بہاؤ کا جدول ۲۴۴
۱۱.۱.۳ حالت دوڑ ۲۴۶
۱۱.۱.۴ توازن اور ارتعاش ۲۴۹
۱۱.۲ حالت دوڑ سے پاک ثنائی علامتوں کا تقرر ۲۵۰
۱۱.۳ عبوری جدول کی مدد سے پلٹ کا تجزیہ ۲۵۳
۱۱.۳.۱ ایس آر پلٹ ۲۵۳
۱۱.۳.۲ ساعت کے کنارہ پر چلتا ہوا ڈی پلٹ ۲۵۶
۱۱.۳.۳ ایس آر پلٹوں پر مبنی غیر معاصر ادوار کا قدم بہ قدم تجزیہ ۲۵۹

۱۲ کمپیوٹر الف ۲۶۱
۱۲.۱ بناوٹ ۲۶۱
۱۲.۲ ہدایات کی فہرست ۲۶۶
۱۲.۳ کمپیوٹر کی برنامہ نویسی ۲۷۱
۱۲.۴ بازیابی پھیرا ۲۷۵
۱۲.۵ تعمیلی پھیرا ۲۷۹
۱۲.۶ خرد برنامہ ۲۸۷
۱۲.۷ کمپیوٹر الف کا نقشہ ۲۸۹
۱۲.۸ خرد برنامہ نویسی ۳۰۱

۱۳ کمپیوٹر با ۳۰۹
۱۳.۱ دو طرفہ دفاتر ۳۰۹
۱۳.۲ طرز تعمیر ۳۱۱
۱۳.۳ حافظہ سے رجوع کرنے والی راجع ہدایات ۳۱۴
۱۳.۴ دفتری ہدایات ۳۱۸
۱۳.۴.۱ لاد ۳۱۸
۱۳.۴.۲ جمع اور منفی ۳۱۸
۱۳.۵ شاخ اور طلبی ہدایات ۳۲۱
۱۳.۶ منطقی ہدایات ۳۳۱
۱۳.۷ دیگر ہدایات ۳۳۴
۱۳.۸ کمپیوٹر با کا خلاصہ ۳۳۸

فرہنگ ۳۵۷

دیباچہ

یہ کتاب اس عزم سے لکھی گئی ہے کہ یہ ایک دن برقی انجنیئرنگ 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 (ہلالِ امتیاز، ستارہِ 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 کیے۔ میں امید رکھتا ہوں کہ مجھے آئندہ بھی ان کی مدد حاصل ہو گی۔

میں یہاں کامسیٹ 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۔

خالد خان یوسفزئی ۵ فروری ۲۰۱۳ء

باب ۱

ثنائی نظام

۱.۱ عشری نظام گنتی

روزمرہ زندگی میں **عشری نظام گنتی**[1] (جو **اعشاری نظام** بھی کہلاتا ہے) 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**[2] کہتے ہیں۔ عشری نظام میں 0 تا 9 ، یعنی دس 10 علامتیں ہیں، یوں عشری نظام کی اساس دس ہے اور اس کو اساس 10 کا نظام کہتے ہیں۔

مساوات ۱.۱ میں 538.72 کو عشری نظام میں لکھتے ہوئے زیر نوشت میں 10 لکھا گیا ہے، جو اس بات کی یاددہانی کراتا ہے کہ یہ عدد اساس دس کے نظام میں لکھا گیا ہے۔ اس کتاب میں چونکہ کئی نظام گنتی استعمال ہوں گے، لہٰذا جہاں متن سے واضح نہ ہو وہاں اعداد کے ساتھ ان کی اساس زیر نوشت میں لکھی جائے گا۔

$$538.72_{10} \tag{۱.۱}$$

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

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

اس حقیقت کو درج ذیل عمومی روپ میں لکھ سکتے ہیں۔

---

[1] decimalsystem
[2] basis
[3] weight

$$x = 538.72_{10}$$
$$x = x_2\, x_1\, x_0\, .\, x_{-1}\, x_{-2}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= 5 \\ x_1 &= 3 \\ x_0 &= 8 \\ x_{-1} &= 7 \\ x_{-2} &= 2 \end{aligned}$$

شکل ۱.۱: عدد کے ہندسوں کو پکارنے کا طریقہ کار۔

$$\begin{aligned} \cdots a_2 \times 10^2 + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0 + a_{-1} \times 10^{-1} + a_{-2} \times 10^{-2} \cdots \\ = (\cdots a_2 a_1 a_0\, .\, a_{-1} a_{-2} \cdots)_{10} \end{aligned} \tag{۱.۳}$$

عدد 538.72_{10} کو x لیتے ہوئے، شکل ۱.۱ میں اس کے مختلف ہندسوں کو پکارنے کا طریقہ دکھایا گیا ہے، جس کے تحت 5 کو x_2 جبکہ 3 کو x_3 کہیں گے، وغیرہ۔

اس طرح کسی بھی عدد میں بائیں جانب ہندسے کا **رتبہ** دائیں جانب ہندسے کے رتبہ سے **بلند** ہوگا۔ مساوات ۱.۱ میں "بلند تر رتبے" کا ہندسہ 5 ہے، جبکہ "کم تر رتبے" کا ہندسہ 6 ہے۔ یوں 5 **بلند تر رتبے ہندسہ**[۴] جبکہ 6 **کم تر رتبے ہندسہ**[۵] کہلاتا ہے۔

مساوات ۱.۴ میں سات کو تین مختلف طریقوں سے لکھا گیا ہے۔ روزمرہ زندگی میں سات پہلے طرز پر لکھا جاتا ہے۔ یوں کاغذ پر قلم سے لکھتے ہوئے کسی بھی عدد کے بائیں جانب صفر نہیں لکھے جاتے اور عدد کے بائیں جانب کاغذ کو خالی چھوڑا جاتا ہے۔ یہاں یہ بات سمجھنا ضروری ہے کہ روزمرہ زندگی میں اعداد لکھتے وقت ان کی لمبائی یا ان میں کل ہندسوں کی تعداد پہلے سے متعین نہیں کی جاتی۔ کمپیوٹر میں صورت حال کچھ مختلف ہے، جہاں صرف صفر 0 اور ایک 1 کا وجود ممکن ہے۔ کسی مقام پر اگر 1 نہیں لکھا ہو تو اس پر 0 لازماً لکھا ہوگا۔ یوں کسی بھی عدد کے بائیں جانب خالی جگہ کا کمپیوٹر میں کوئی مطلب نہیں۔ یہاں 0 یا 1 کا ہونا ضروری ہے۔ کمپیوٹر میں ہر قسم کی معلومات لکھنے سے پہلے اس بات کا فیصلہ کیا جاتا ہے کہ اسے لکھنے کی خاطر کتنی جگہ درکار ہوگی۔ یوں اگر عدد کو لکھنے کی خاطر تین ہندسوں کے لکھے جانے کے برابر جگہ مختص کی گئی ہو تو اس تمام جگہ کو ہر صورت استعمال کرنا ہوگا، مثلاً سات کو 7 کے بجائے 007 لکھنا ہوگا۔

$$\begin{aligned} &7_{10} \\ &07_{10} \\ &007_{10} \end{aligned} \tag{۱.۴}$$

اعشاری نظام میں گنتی 0_{10} سے شروع ہوتی ہے اور بتدریج بڑھتے ہوئے 9_{10} تک پہنچتی ہے۔ اس دوران دہائی، سینکڑا، وغیرہ کے مقام پر صفر رہتا ہے اور انہیں عام طور نہیں لکھا جاتا۔ گنتی نو تک پہنچنے کے بعد دہائی، یعنی 10^1 وزن رکھنے والے مقام پر 0 کے 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 جا سکتی ہے، وغیرہ۔

---

[۴] mostsignificantdigit
[۵] lowestsignificantdigit

۱.۲ ہشتمی نظام گنتی

ہشتمی نظام[۶] 0 تا 7 ہندسوں پر مبنی ہے۔اس نظام میں آٹھ ہندسے ہیں لہٰذا 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۔

$$
\begin{aligned}
538.72_8 &= [(5\times 8^2)+(3\times 8^1)+(8\times 8^0)+(7\times 8^{-1})+(2\times 8^{-2})]_{10}\\
&= [(5\times 64)+(3\times 8)+(8\times 1)+(7\times 0.125)+(2\times 0.015625)]_{10}\\
&= [320+24+8+0.875+0.03125]_{10}\\
&= 352.90625_{10}
\end{aligned}
\tag{۱.۵}
$$

ہشتمی نظام گنتی کے لیے مساوات ۳.۱ درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

$$
\begin{aligned}
\cdots a_2\times 8^2 + a_1\times 8^1 + a_0\times 8^0 + a_{-1}\times 8^{-1} + a_{-2}\times 8^{-2}\cdots\\
= (\cdots a_2a_1a_0.a_{-1}a_{-2}\cdots)_8
\end{aligned}
\tag{۱.۶}
$$

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

خرد قابو کار[۷] (مائکروکنٹرولر) کی دنیا میں **ثنائی نظام گنتی**[۸] گنتی استعمال ہوتا ہے۔ ثنائی نظام دو ہندسوں، 0 اور 1 ، پر مبنی ہے، لہٰذا یہ اساس دو کا نظام ہے۔

اس نظام میں گنتی 0 سے شروع ہوتی ہے، 1 تک پہنچنے کے بعد 2^1 وزن کے مقام پر 0 کے بجائے 1 لکھا جاتا ہے،اور 2^0 وزن کے مقام پر دوبارہ 0 سے 1 گنتی شروع ہوتی ہے۔اس نظام میں گنتی مساوات ۱.۷ میں دکھائی گئی ہے، جہاں زیر نوشت میں اساس لکھنے سے گریز کیا گیا ہے۔ موازنہ کے لیے اعشاری

---

[۶] octalsystem
[۷] microcontroller
[۸] binarysystem

گنتی بھی پیش کی گئی ہے۔

$$
\begin{aligned}
0 &= 0 & 16 &= 10000\\
1 &= 1 & 17 &= 10001\\
2 &= 10 & 18 &= 10010\\
3 &= 11 & 19 &= 10011\\
4 &= 100 & 20 &= 10100\\
5 &= 101 & 21 &= 10101\\
6 &= 110 & 22 &= 10110\\
7 &= 111 & 23 &= 10111\\
8 &= 1000 & 24 &= 11000\\
9 &= 1001 & 25 &= 11001\\
10 &= 1010 & 26 &= 11010\\
11 &= 1011 & 27 &= 11011\\
12 &= 1100 & 28 &= 11100\\
13 &= 1101 & 29 &= 11101\\
14 &= 1110 & 30 &= 11110\\
15 &= 1111 & 31 &= 11111
\end{aligned}
\tag{۱.۷}
$$

اس نظام میں اعداد لکھتے ہوئے اعشاریہ کے بائیں جانب پہلے ہندسے کا وزن $2^0 = 1_{10}$ ہو گا، 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 $2^{-2} = 0.25_{10}$ ہو گا۔

ثنائی نظام گنتی کے لیے ی مساوات ۳. ادرج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

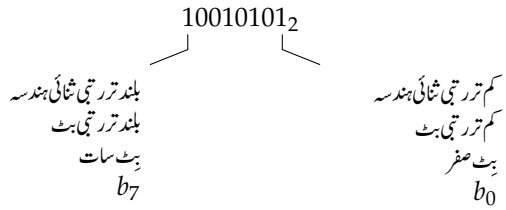
$$
\begin{aligned}
\cdots b_2 \times 2^2 + b_1 \times 2^1 + b_0 \times 2^0 + b_{-1} \times 2^{-1} + b_{-2} \times 2^{-2} \cdots \\
= (\cdots b_2 b_1 b_0 \,.\, b_{-1} b_{-2} \cdots)_2
\end{aligned}
\tag{۱.۸}
$$

مساوات ۹. ۱ میں ثنائی نظام میں دیے گئے عدد کو اعشاری نظام میں تبدیل کر نا دکھایا گیا ہے۔ ثنائی عدد کے زیر نوشت میں 2 اس بات کی یاد دہانی کراتا ہے کہ یہ عدد ثنائی نظام میں لکھا گیا ہے۔

$$
\begin{aligned}
1011.1_2 &= [(1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) + (1 \times 2^{-1})]_{10}\\
&= [(1 \times 8) + (0 \times 4) + (1 \times 2) + (1 \times 1) + (1 \times 0.5)]_{10}\\
&= [8 + 0 + 2 + 1 + 0.5]_{10}\\
&= 11.5_{10}
\end{aligned}
\tag{۱.۹}
$$

ثنائی عدد کے ہندسوں کو پکارنے کا طریقہ شکل ۲. ۱ میں دکھایا گیا ہے۔ ثنائی عدد کے دائیں ترین ہندسے کو **کم ترتیبی بٹ**[۹] یا **کم ترتیبی ثنائی ہندسہ** یا بٹ صفر

[۹] lowestsignificantbit,LSB



شکل ۱.۲: بلند تر اور کم تر ترتیبی ہندسے۔

بِٹ b_0 کہیں گے؛ اس سے اگلے کو بِٹ ایک بِٹ b_1 اور اس سے اگلے کو بِٹ دو بِٹ b_2 ، وغیرہ؛ جبکہ بائیں ترین ہندسے کو **بلند تر ترتیبی ثنائی ہندسہ** یا **بلند تر ترتیبی بٹ**[۱۰] یا (موجودہ مثال میں) بِٹ سات بِٹ b_7 کہیں گے۔

اگر دیے گئے ثنائی عدد کے اعشاریہ کے دائیں جانب کچھ نہ ہو، تب درج ذیل لکھا جا سکتا ہے:

$$1011_2 = (2^3 + 2^1 + 2^0)_{10} = (8 + 2 + 1)_{10} = 11_{10} \tag{۱.۱۰}$$

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

چار ہندسوں کا ثنائی عدد 0000_2 تا 1111_2 گنتی کر سکتا ہے؛ اس سے بڑا عدد لکھنے کے لیے چار سے زیادہ ہندسے درکار ہوں گے۔ مائکروکنٹرولر آٹھ ثنائی 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 ثنائی عدد کی صورت میں لکھے جاتے ہیں؛ آٹھ سے کم ثنائی 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 کے بجائے 00101011_2 لکھیں گے۔

۱.۴ عشری نظام سے ثنائی نظام میں تبادلہ

عشری نظام میں دیے گئے عدد کو ثنائی نظام میں لکھنے کی خاطر اس عدد کو بار بار 2 سے تقسیم کریں، حتٰی کہ یہ مزید تقسیم نہ ہو سکے۔ ہر مرتبہ تقسیم کے بعد حاصل باقی لیں؛ پہلے حاصل باقی کو ثنائی 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 ثنائی عدد حاصل ہو گا۔ یہ طریقہ استعمال کرتے ہوئے 121_{10} کو ثنائی 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۔

---

[۱۰] mostsignificantbit,MSB

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 ہو گا، لہٰذا

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

ہو گا جہاں سات ثنائی ہندسے استعمال کیے گئے ہیں۔ اپنی تسلی کے لیے 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 حصہ **صحیح**، جبکہ دائیں حصہ کو حصہ **مسکور** یا **کسری** کہتے ہیں۔

$$\overbrace{xxxxxx}^{\text{حصہ صحیح}} \,.\, \underbrace{yyyyyy}_{\text{حصہ مسکور}}$$

یوں 121.6875 میں 121 ''عدد صحیح'' اور 6875 ''عدد مسکور'' ہے۔

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

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

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**[۱] نظام (یا **شش دہی نظام**) 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 ۱.۱۱ میں مختلف نظام دیے گئے ہیں۔ انہیں سمجھے بغیر آگے ہرگز مت بڑھیں۔

$$\begin{aligned}
00_{10} &= 00_8 = 0000_2 = 0_{16} \\
01_{10} &= 01_8 = 0001_2 = 1_{16} \\
02_{10} &= 02_8 = 0010_2 = 2_{16} \\
03_{10} &= 03_8 = 0011_2 = 3_{16} \\
04_{10} &= 04_8 = 0100_2 = 4_{16} \\
05_{10} &= 05_8 = 0101_2 = 5_{16} \\
06_{10} &= 06_8 = 0110_2 = 6_{16} \\
07_{10} &= 07_8 = 0111_2 = 7_{16} \\
08_{10} &= 10_8 = 1000_2 = 8_{16} \\
09_{10} &= 11_8 = 1001_2 = 9_{16} \\
10_{10} &= 12_8 = 1010_2 = A_{16} \\
11_{10} &= 13_8 = 1011_2 = B_{16} \\
12_{10} &= 14_8 = 1100_2 = C_{16} \\
13_{10} &= 15_8 = 1101_2 = D_{16} \\
14_{10} &= 16_8 = 1110_2 = E_{16} \\
15_{10} &= 17_8 = 1111_2 = F_{16}
\end{aligned} \tag{۱.۱۱}$$

[۱] hexadecimal

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 $C = 12_{10}$ لیے گئے۔

$$\begin{aligned} 3AC.8_{16} &= (3\times 16^2)_{10} + (10\times 16^1)_{10} + (12\times 16^0)_{10} + (8\times 16^{-1})_{10} \\ &= (3\times 256)_{10} + (10\times 16)_{10} + (12\times 1)_{10} + (8\times 0.0625)_{10} \\ &= (768 + 160 + 12 + 0.5)_{10} \\ &= 940.5_{10} \end{aligned} \tag{۱.۱۲}$$

مساوات ۱.۳ اساس سولہ کے لیے درج ذیل ہو گی۔

$$\begin{aligned} \cdots a_2\times 16^2 + a_1\times 16^1 + a_0\times 16^0 + a_{-1}\times 16^{-1} + a_{-2}\times 16^{-2}\cdots \\ = (\cdots a_2a_1a_0\,.\,a_{-1}a_{-2}\cdots)_{16} \end{aligned} \tag{۱.۱۳}$$

۱.۶ اساس دو کا اساس آٹھ میں تبادلہ

مساوات ۱.۱۴ میں بائیں ہاتھ ثنائی عدد دیا گیا ہے۔ اعشاریہ سے شروع کرتے ہوئے، اعشاریہ کی دونوں جانب تین تین ہندسوں کے گروہ میں، اس ثنائی 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۔

$$\begin{aligned} 1101100.1_2 &= (001\ 101\ 100\,.\,100)_2 \\ &= (\ 1\quad 5\quad 4\ .\ \ 4)_8 \\ &= 154.4_8 \end{aligned} \tag{۱.۱۴}$$

۱.۷ اساس دو کا اساس سولہ میں تبادلہ

ثنائی عدد کو اساس سولہ میں لکھنے کی خاطر ثنائی 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 ہوں 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۔

$$\begin{aligned} 1101100.1_2 &= (0110\ 1100\,.\,1000)_2 \\ &= (\ 6\quad C\quad .\quad 8)_{16} \\ &= 6C.8_{16} \end{aligned} \tag{۱.۱۵}$$

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 لکھے جا سکتے ہیں۔ مساوات ۱.۱۶ میں اساس آٹھ:

$$\begin{aligned} 372.5_8 &= (3\quad 7\quad 2\quad .\quad 5)_8 \\ &= (011\quad 111\quad 010\,.\,101)_2 \\ &= 011111010.101_2 \end{aligned} \tag{۱.۱۶}$$

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

$$\begin{aligned} 9A2F.7_{16} &= (\ 9\quad A\quad 2\quad F\quad .\quad 7)_{16} \\ &= (1001\quad 1010\quad 0010\quad 1111\quad .\quad 0111)_2 \\ &= (1001101000101111.0111)_2 \end{aligned} \tag{۱.۱۷}$$

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

$$\begin{aligned} 1001101000101111.0111_2 &= (001\quad 001\quad 101\quad 000\quad 101\quad 111\,.\,011\quad 100)_2 \\ &= (\ 1\quad 1\quad 5\quad 0\quad 5\quad 7\quad .\quad 3\quad 4)_8 \\ &= 115057.34_8 \\ 1001101000101111.0111_2 &= (1001\quad 1010\quad 0010\quad 1111\,.\,0111)_2 \\ &= (\ 9\quad A\quad 2\quad F\quad .\quad 7)_{16} \\ &= 9A2F.7_{16} \end{aligned}$$

مساوات ۱.۱۶ اور مساوات ۱.۱۷ کی آخری لکیروں 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 **ثنائی ہندسہ** یا **بٹ**[۱۲] کہتے ہیں؛ آٹھ ثنائی ہندسوں، یعنی آٹھ بِٹ، کے گروہ کو **ہشتمی ثنائی عدد** یا **بائٹ**[۱۳] کہتے ہیں۔ بائٹ کو عموماً چار چار ثنائی ہندسوں کے گروہ میں لکھا جاتا ہے، جنہیں **ریزہ**[۱۴] کہتے ہیں۔ زیریں چار بِٹ کو ''زیریں ریزہ'' جبکہ بالا چار بِٹ 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 ہشتمی ثنائی عدد کو چار چار ثنائی اعداد کے گروہ میں لکھ کر انہیں جلد اساس سولہ (سادس عشری روپ) میں لکھا جا سکتا ہے۔

---

[۱۲] bit
[۱۳] byte
[۱۴] nibble

$$\underbrace{b_7b_6b_5b_4}_{\text{بالا ریزہ}}\ \underbrace{b_3b_2b_1b_0}_{\text{زیریں ریزہ}}$$

شکل ۳.۱: ایک بائٹ دو ریزوں پر مشتمل ہو گا۔

سوالات

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

ا. 33	ج. 128	ھ. 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 ثنائی اعداد کو اعشاری روپ میں لکھیں۔

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

جواب: 2 ، 5 ، 13 ، 27 ، 363 ، 1619

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

ا. 10.1	ج. 0.001101	ھ. 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	ھ. 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 ثنائی روپ میں لکھیں۔

ا. 7 ج. $1A$ ھ. $A.BC$ ز. $F0$

ب. 10 د. $2B3$ و. 0.12 ح. $FFFF$

جواب: اساس سولہ 7 ، 20 ، 32 ، 1263 ، 12.57 ، 0.044 ، 360 ، 177777 ؛ ثنائی 111 ، 10000 ، 11010 ، 1010110011 ، 1010.101111 ، 0.0001001 ، 11110000 ، 1111111111111111

باب ۲

بنیادی حساب

ثنائی نظام میں حساب بالکل اسی طرح کیا جاتا ہے جس طرح عشری نظام میں۔ چند مثالوں کے مطالعہ سے وضاحت ہو گی۔

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

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

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

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1 \\ +1 \\ \hline 10 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ +0 \\ \hline 01 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0 \\ +1 \\ \hline 01 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0 \\ +0 \\ \hline 00 \end{array}$$

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

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

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

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

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

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

۲.۱ ثنائی نظام میں اعداد منفی کرنا

دوبِٹ (ثنائی عدد) منفی کرنے کے درج ذیل چار ممکنات پائے جاتے ہیں۔

$$\begin{aligned} 0 - 0 &= 0 \\ 1 - 0 &= 1 \\ 1 - 1 &= 0 \\ 0 - 1 &= 1 \quad \text{(ادھار ایک)} \end{aligned}$$

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۔

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

ثنائی منفی کی چند مثالیں حل کر کے اعشاری منفی سے ان کی تصدیق کریں۔ ایسا کرنے سے زیادہ وضاحت ہو گی۔

۲.۲ اساسی تکملہ یا r کا تکملہ

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

درج بالا مثالوں سے واضح ہے کہ کسی بھی ہندسہ (مثلاً 3) کے اساسی تکملہ (یعنی 7) کا اساسی تکملہ وہی ہندسہ (یعنی 3) ہو گا۔

اساسی 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 اساسی تکملہ (یا r کے تکملہ) سے مراد عدد $r^n - N$ ہو گا۔

اساس دس کے اساسی تکملہ کو عام طور 10 **کا تکملہ**[1] کہتے ہیں۔ اسی طرح اساس دو کے تکملہ کو 2 **کا تکملہ**[2] کہتے ہیں۔

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

$$\begin{aligned} 10^2 &= 100_{10} \\ 10^5 &= 100000_{10} \\ 10^7 &= 10000000_{10} \end{aligned} \tag{۲.۱}$$

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

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

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

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

اور 679247 کا 2 کا تکملہ درج ذیل ہو گا۔

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

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

ثنائی نظام کی اساس 2 ہے لہٰذا n ہندسوں پر مبنی ثنائی عدد N کے 2 کا تکملہ (یعنی اساسی تکملہ) $2^n - N$ ہو گا۔

---

[1] 10'scomplement
[2] 2'scomplement

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

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

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

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

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

اساس r کے نظام میں، عدد N کے اساس منفی ایک ($r-1$) کے تکملہ سے مراد $r^n - 1 - N$ ہے۔ اعشاری نظام میں **اساس منفی ایک تکملہ** کو عموماً 9 کا تکملہ (**نو کا تکملہ**[۳]) اور ثنائی نظام میں اسے 1 کا تکملہ (**ایک کا تکملہ**[۴]) کہتے ہیں۔

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

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

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

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

ثنائی نظام میں عدد $2^n - 1$ ، n ہندسوں پر مشتمل ہو گا، جہاں ہر ہندسے کی قیمت 1 ہو گی۔

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

---

[۳] 9'scomplement
[۴] 1'scomplement

ثنائی نظام میں 1001_2 اور 101110_2 کے 1 کے تکملہ، بالترتیب، درج ذیل ہوں گے۔

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

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ثنائی ہندسہ 0 کا "ایک کا تکملہ"، ثنائی ہندسہ 1 ہوگا، اور اسی طرح عدد 1 کا "ایک کا تکملہ"، ثنائی ہندسہ 0 ہوگا۔ ہم کہتے ہیں 0 کا **متمم**[۵] 1 اور 1 کا "متمم" 0 ہے۔

ثنائی عدد N کا اساس منفی ایک تکملہ، $\overline{N}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے لہٰذا درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \overline{1}_2 &= 0_2 \\ \overline{0}_2 &= 1_2 \\ \overline{1001}_2 &= 0110_2 \\ \overline{101110}_2 &= 010001_2 \end{aligned} \tag{۲.۱۱}$$

ان دو مثالوں سے ایک اہم حقیقت واضح ہوتا ہے: ثنائی 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۔

ثنائی عدد کے ہر بٹ کا متمم لینے سے عدد کا 1 کا تکملہ (یعنی متمم) حاصل 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، لہٰذا $(r-1)$ کے تکملہ کے ساتھ 1 جمع کر کے r کا تکملہ حاصل کیا جا سکتا ہے، یعنی عدد کے متمم کے ساتھ 1 جمع کر کے 2 کا تکملہ حاصل ہوگا۔ اس طرح اساسی 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 لہٰذا 1011 کا اساسی تکملہ $0100 + 1 = 0101$ ہوگا۔ اسی طرح 10001 کے متمم 01110 کے ساتھ 1 جمع کرنے سے اس کا اساسی تکملہ $01110 + 1 = 01111$ حاصل ہوگا۔

۲.۴ دو اعداد کی منفی بذریعہ اساسی تکملہ

قلم 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۔ اساسی 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۔ فرض کریں اب ہر عدد میں n ہندسے پائے جاتے ہیں۔
- M کے ساتھ N کا اساسی تکملہ جمع کر کے **مجموعہ** $M + r^n - N$ حاصل کریں۔

---

[۵] complement

- M کی قیمت N کی قیمت سے زیادہ ہونے کی صورت میں، آخری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا ہو گا، جس کی وجہ سے یہ مجموعہ $n+1$ ہندسوں پر مشتمل ہو گا اور اس کا بایاں ہندسہ 1 ہو گا۔ اس بائیں ہندسے کو (یعنی حاصل 1 کو) نظر انداز کریں؛ باقی n ہندسوں پر مبنی عدد اصل جواب ہو گا۔
- M کی قیمت N کی قیمت سے کم ہونے کی صورت میں، آخری (بائیں) ہندسے جمع کرنے سے حاصل 1 پیدا **نہیں** ہو گا؛ مجموعہ منفی عدد کو ظاہر کرے گا، اور n ہندسوں پر مبنی ہو گا۔ مجموعے کا اساسی تکملہ لے کر اس کی بائیں جانب منفی علامت منسلک کر کے جواب حاصل ہو گا۔

ان دونوں صورتوں کی وضاحت مثالوں سے ہو گی۔

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

جواب: یہاں بڑا عدد 7852 چار ہندسوں پر مبنی ہے، لہٰذا چھوٹا عدد 0974 لکھیں اور $n = 4$ لیں۔ یوں 0974 کا اساسی تکملہ $10000 - 0974 = 9026$ ہو گا، جس کو 7852 کے ساتھ جمع کرنے سے 5 ہندسوں کا مجموعہ $7852 + 9026 = 16878$ حاصل ہو گا۔ چونکہ یہ عدد 5 ہندسوں پر مبنی ہے، لہٰذا بائیں ہندسے کو نظر انداز کرتے ہوئے 6878 کو جواب تسلیم کرتے ہیں۔ (ہم در حقیقت آخری ہندسوں کی جمع سے پیدا حاصل 1 کو رد کرتے ہیں۔ چونکہ یہ مجموعہ میں بائیں ترین مقام پر اترتا ہے لہٰذا مجموعہ کا بایاں ہندسہ رد کر کے جواب حاصل ہو گا۔)

$$\begin{array}{r} 10000 \\ -0974 \\ \hline 9026 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1 \\ 7852 \\ +9026 \\ \hline 16878 \end{array}$$

حاصل 1 کو نظر انداز کر کے
6878 کو جواب تسلیم کرتے ہیں

□

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

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

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

جواب
-6878

□

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

مثال ۲.۳: اساسی تکملہ کی مدد سے مندرجہ ذیل حاصل کریں۔

(ا) $1011_2 - 11001_2$ اور (ب) $11001_2 - 1011_2$

جواب: (ا) چونکہ $\overline{11001} = 00110$ ہے، لہٰذا دو کا تکملہ $00110 + 1 = 00111$ 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۔

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

بائیں آخری ہندسوں کو جمع کرتے ہوئے حاصل 1 پیدا نہیں ہوا، لہٰذا اس کا 2 کا تکملہ لینا ہوگا۔ چونکہ $\overline{10010} = 01101$ ہے لہٰذا اساسی تکملہ $01101 + 1 = 01110$ 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، لہٰذا دوسرے عدد میں بھی پانچ ہندسے پورے کیے جائیں گے۔ یوں 1011 کو 01011 لکھ کر، اس کے متمم $\overline{01011} = 10100$ سے عدد کا اساسی تکملہ $10100 + 1 = 10101$ حاصل کر کے، دوسرے عدد کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

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

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 اساس منفی ایک تکملہ کے ذریعہ اعداد منفی کرنا

اساس منفی ایک تکملہ کی مدد سے بھی $M - N$ حاصل کیا جا سکتا 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** $M + r^n - 1 - N$ 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 وجہ سے یہ مجموعہ $n + 1$ ہندسوں پر مشتمل ہوگا اور اس کا بایاں ہندسہ 1 ہوگا۔ اس بائیں ہندسے کو (یعنی حاصل 1 کو) نظر انداز کرنے کے بجائے، مجموعہ سے

خارج کر کے، 1 وزن مختص کریں اور n ہندسوں کے باقی مجموعہ کے ساتھ جمع کر کے جواب حاصل کریں۔ اس عمل کو واپسیں آخری حاصل ایک (1) کہتے ہیں۔

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

ان دونوں صورتوں کی وضاحت مثالوں سے ہو گی۔

مثال ۲.۴: نو کا تکملہ استعمال کرتے ہوئے $974 - 7852$ حاصل کریں۔

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

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

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

مثال ۲.۵: نو کا تکملہ استعمال کرتے ہوئے $7852 - 974$ حاصل کریں۔

جواب چھوٹے عدد 974 میں ہندسوں کی تعداد پوری کر کے اس کے اساس منفی ایک کے تکملہ $9999 - 0974 = 9025$ کو 7852 کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

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

آخری (بائیں) ہندسے جمع کرتے ہوئے حاصل 1 پیدا ہوا جس کی وجہ سے یہ 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 ثنائی اعداد کی مثال لیتے ہیں۔

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

(ا) $101110_2 - 11011_2$، (ب) $11011_2 - 101110_2$

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

$$\overline{011011} = 100100$$

دوسرے عدد کے ساتھ جمع کرتے ہیں۔

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

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۔

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

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

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

چونکہ آخری حاصل صفر ہے، لہٰذا 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 گئے ہیں۔

$$+3025, \qquad 3025, \qquad -3025$$

جدول ۱.۲: چار ہندسوں کے علامت دار اعداد

دار علامت	ثنائی
$+7_{10}$	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

کسی بھی عدد کے مثبت یا منفی ہونے کو اس عدد کی علامت کہتے ہیں۔ یوں، وہ اعداد جو مثبت علامت $(+)$ یا منفی علامت $(-)$ رکھتے ہوں علامت دار اعداد کہلاتے ہیں، اور جن کی علامت نہ ہو بے علامت اعداد کہلاتے ہیں۔ اعداد کو ان کی علامت اور قدر سے ظاہر کرنے کو علامت دار قدر اظہار کہتے ہیں۔

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

$$\underbrace{0}_{+}\underbrace{1\ 0\ 1}_{5_{10}} \qquad \underbrace{1}_{-}\underbrace{0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1}_{5_{10}}$$

ایک دلچسپ حقیقت پر غور کریں۔ اگر ہم 1101_2 میں بایاں ہندسہ علامت تصور کریں تب یہ -5_{10} کو ظاہر کرے گا، لیکن اگر ہم چاروں ہندسوں کو ایک عدد تصور کریں تب یہ D_{16} یا 13_{10} کو ظاہر کرتا ہے۔

یہ جاننا ضروری ہے، آیا ثنائی 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 دار یا بے علامت (غیر علامت دار) اعداد استعمال کریں گے۔ جدول ۱.۲ میں چار ثنائی ہندسوں پر مشتمل علامت دار اعداد دکھائے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ صفر کو دو مختلف طریقوں سے ظاہر کیا جا سکتا ہے، ان میں ایک مثبت اور دوسرا منفی ہے!

اس جدول میں چار ثنائی ہندسوں سے اعداد لکھے گئے؛ کمپیوٹر میں اعداد، عموماً، ایک بائٹ استعمال کرتے ہوئے لکھا جاتا ہے۔ ایک بائٹ 8 ثنائی ہندسوں کو کہتے ہیں۔ علامت دار اعداد کو بائٹ میں لکھتے ہوئے، دائیں سات ہندسے عدد کی قدر جبکہ بایاں آخری ہندسہ اس کی علامت ظاہر کرے گا۔

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

ان اعداد میں بھی مثبت اور منفی صفر پایا گیا؛ روزمرہ زندگی میں صفر کو ہم مثبت تصور کرتے ہیں۔

اتنا کچھ کہنے کے بعد آپ کو بتاتا چلوں کہ، کمپیوٹر میں منفی اعداد کو علامت دار قدر 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 ہو گا۔

۲.۷ علامت دار و تکملہ نظام

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

کمپیوٹر چونکہ ثنائی اعداد استعمال کرتا ہے، لہٰذا اس میں منفی اعداد 1 کے تکملہ یا 2 کے تکملہ میں لکھے جاتے ہیں۔ جدول ۲.۲ میں چار ثنائی ہندسی (چار بِٹ) **علامت دار**[۶] 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، ثنائی ہندسوں میں ایک ہی طریقہ سے لکھا جاتا ہے، جبکہ منفی عدد تین طریقوں سے لکھا جا سکتا ہے۔ یوں تینوں طریقوں میں مثبت عدد کو سادہ ثنائی عدد لکھیں۔

مثبت عدد $+x$ کی علامت دار روپ میں **علامتی بٹ**[۷] 0 سے 1 کرنے سے $-x$ کا "علامت دار روپ" حاصل ہو گا۔ یوں -5 کو علامت دار روپ میں لکھنے کی خاطر $+5$ کو علامت دار روپ 0101_2 میں لکھ کر علامتی بِٹ 1 کرنے سے -5 کی علامت دار روپ 1101_2 حاصل ہو گی۔

منفی عدد $-x$ کو **علامت دار ایک کے تکملہ روپ** میں لکھنے کی خاطر $+x$ کو علامت دار ثنائی عدد (یعنی سادہ ثنائی روپ میں) لکھ کر اس کا 1 کا تکملہ لیں۔ یاد رہے کہ 1 کا تکملہ حاصل کرتے ہوئے ثنائی عدد کے ہر ہندسہ (بمع علامتی بِٹ) کا متمم لینا ہو گا۔ یوں -5 کو علامت دار ایک کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر $+5$ کو 0101_2 لکھ کر متمم لیں جو درکار روپ 1010_2 دے گا۔

منفی عدد $-x$ کو علامت دار دو کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر $+x$ کو علامت دار ثنائی عدد (یعنی سادہ ثنائی روپ میں) لکھ کر اس کا 2 کا تکملہ لیں۔ یاد رہے کہ 2 کا تکملہ حاصل کرتے ہوئے ثنائی عدد کے ہر ہندسہ (بمع علامتی بِٹ) کا متمم لینا ہو گا۔ یوں -5 کو علامت دار دو کے تکملہ روپ میں لکھنے کی خاطر $+5$ کو 0101_2 لکھ کر دو کا تکملہ لیں جو درکار روپ 1011_2 دے گا۔

---

[۶] signed
[۷] signbit

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

عدد اعشاری	قدر دار علامت	تکملہ کا ایک دار علامت	تکملہ کا دو دار علامت
$+7$	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	جاتا پایا نہیں
-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	جاتا پایا نہیں	جاتا پایا نہیں	1000

سوالات

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

ا. $110 + 101$ ج. $1011 + 1101$ ھ. $101 + 1011$

ب. $11 + 101$ د. $1101 + 1001$ و. $101 + 1111$

جواب: ثنائی 1011 ، 1000 ، 11000 ، 10110 ، 10000 ، 10100 ؛ اعشاری 11 ، 8 ، 24 ، 22 ، 16 ، 20

سوال ۲.۲: درج ذیل ثنائی اعداد کے سوالات حل کریں۔ ان سوالات کو اعشاری روپ میں بھی حل کریں۔ جوابات کا موازنہ کریں۔

ا. $110 - 101$ ج. $1111 - 1101$ ھ. $101 - 1011$

ب. $111 - 101$ د. $1101 - 1001$ و. $101 - 1111$

جواب: ثنائی 1 ، 10 ، 10 ، 100 ، 110− ، 1010− ؛ اعشاری 1 ، 2 ، 2 ، 4 ، 6− ، 10−

سوال ۲.۳: درج ذیل ثنائی اعداد کے سوالات حل کریں۔ انہیں سوالات کو اعشاری روپ میں بھی حل کریں۔ جوابات کا موازنہ کریں۔

ا. $110 - 10.1$ ج. $11.11 - 1.101$ ھ. $101.011 - 10.11$

ب. $101 - 10.1$ د. $110.1 - 10.01$ و. $111.1 - 11.01$

جواب: ثنائی 11.1 ، 10.1 ، 10.001 ، 100.01 ، 10.101 ، 100.01

سوال ۲.۴: درج ذیل اعشاری سوالات کو ثنائی روپ میں تبدیل کر کے حل کریں۔

ا. $64 + 32$ ج. $121.2 - 94.3$ ھ. $1024 - 63$

ب. $256 - 128$ د. $36.09 + 22.24$ و. $2056 + 1024$

جواب: 1100000 ، 10000000 ، 11010.1110 ، 111010.010 ، 1111000001 ، 110000001000

سوال ۲.۵: درج ذیل اعشاری اعداد کا تکملہ نو اور تکملہ دس حاصل کریں۔

ا. 6 د. 205 ز. 0.63 ي. 23409.65487

ب. 8 ھ. 3160029 ح. 39.09

ج. 19 و. 9807568 ط. 3093.9801

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

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

ا. 1011 ج. 111101 ھ. 11.11

ب. 1001 د. 10101010 و. 1101.0011

جواب: تکملات ایک 0100 ، 0110 ، 000010 ، 01010101 ؛ تکملات دو 0101 ، 0111 ، 000011 ، 01010110

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

ا. $9 - 4$ ج. $23.9 - 13$ ھ. $0.555 - 0.045$

ب. $16 - 9$ د. $555.078 - 303.93$ و. $1000 - 909.5301$

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

ا. $11 - 10$ ج. $11.10 - 10.11$ ھ. $101 - 1010$

ب. $1101 - 1010$ د. $1101.01 - 1001.1$ و. $0.11 - 1101.11$

سوال ۲.۹: درج ذیل اعشاری سوالات کو ثنائی 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 ھ. 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 لیے 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، تفاعل $z = f(x, y)$ ، 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 الجبرا میں

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

جدول ۳.۱: دو متغیر منطقی ضرب کا جدول صداقت۔

اس طرز کا جدول، جسے **بوولین جدول**[1]، یا **منطقی جدول**، یا **جدول صداقت**[2] کہتے ہیں، انتہائی اہم ثابت ہو گا۔ بوولین تفاعل کی چند مثالوں پر غور کرتے ہیں۔

۳.۱.۱ منطقی ضرب

تصور کریں X اور Y آزاد بوولین متغیرات ہیں، جبکہ Z ان کا تابع بوولین متغیر $Z = f(X, Y)$ ہے۔ چونکہ X بوولین متغیر ہے، لہٰذا اس کی ممکنہ قیمتیں صرف 0 اور 1 ہیں۔ اسی طرح Y بھی بوولین متغیر ہے، لہٰذا اس کی قیمت بھی صرف 0 اور 1 ہو سکتی ہے۔ تابع متغیر Z بھی بوولین 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 جا سکتے ہیں۔

X	Y
0	0
0	1
1	0
1	1

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

آئیں، جدول ۳.۱ کے ''جدول صداقت'' 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)۔

$$0 \cdot 0 = 0$$
$$0 \cdot 1 = 0$$
$$1 \cdot 0 = 0$$
$$1 \cdot 1 = 1$$

[1] booleantable
[2] truthtable

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 ۲.۳: تین متغیر منطقی ضرب کا جدول صداقت۔

اسی کی وجہ سے جدول ۱.۳ میں پیش تفاعل (اور عمل) کو **بوولین ضرب** یا **منطقی ضرب**[۳] کہتے ہیں۔ ''منطقی ضرب'' کو آزاد متغیرات کے درمیان نقطہ '' . '' سے یا آزاد متغیرات کو قریب قریب (متصل) لکھنے سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں بوولین ضرب درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$\begin{aligned} Z &= X \cdot Y \\ Z &= XY \qquad \text{(منطقی ضرب)} \end{aligned} \tag{۳.۱}$$

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

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

□

جدول ۱.۳ کو مثال بناتے ہیں۔ اس طرح کے جدول صداقت میں آزاد متغیرات کی تمام ممکنات لکھنے (یعنی آزاد متغیرات کے خانے پر کرنے) کی خاطر مداخل XY کو ثنائی عدد کے ہندسے تصور کر کے، جدول صداقت کے مطلوبہ خانوں میں صفر (00) تا تین (11) گنتی لکھیں (آزاد متغیرات کو **مداخل**[۴] جبکہ تابع متغیر کو **مخارج**[۵] کہتے ہیں)۔ یوں پہلے صف میں XY کی جگہ 00، دوسری صف میں 01، تیسرے میں 10 اور آخری میں 11 لکھا جائے گا۔

تین آزاد متغیرات کے منطقی ضرب تفاعل $Z = ABC$ کو جدول ۲.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جدول کے تین مداخل کے خانوں میں صفر (000) تا سات (111) گنتی لکھی گئی ہے (جو تین ہندسوں کے ثنائی 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 یا دونوں کی قیمت 1 ہو۔ اس بوولین عمل کو ''بوولین جمع'' یا ''منطقی جمع'' کہتے ہیں۔

---

[۳] AND
[۴] input
[۵] output

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

جدول ۳.۳: دو متغیر منطقی جمع کا جدول صداقت۔

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

جدول ۳.۴: دو ثنائی اعداد کا سادہ مجموعہ

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 کا جدول صداقت۔

X	Z
0	1
1	0

جدول ۳.۶: منطقی نفی یا متمم کا جدول صداقت۔

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 سا ہیں۔ اس مشابہت کی وجہ سے جدول ۳.۳ میں دیے گئے بوولین تفاعل کو **بوولین جمع** یا **منطقی جمع**[۶] کہتے ہیں اور اس بوولین تفاعل کو جمع کے نشان " + " سے ہی ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں جدول ۳.۳ میں پیش منطقی جمع تفاعل درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$Z = X + Y \qquad \text{(منطقی جمع)} \tag{۳.۲}$$

یہ بوولین تفاعل کی مساوات ہے جس کو عام الجبرائی جمع ہر گز نہ سمجھا جائے۔ بالخصوص، منطقی جمع کرتے وقت یاد رہے کہ $1 + 1 = 1$ ہو گا۔

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

تعریف: منطقی جمع اس صورت 1 دے گا 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 منطقی جمع کو ظاہر کرتی ہے لہٰذا یہاں $1 + 1 + 1 = 1$ ہو گا۔

---

[۶] OR

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

جدول ۷.۳: دو متغیر منطقی بلا شرکت جمع کا جدول صداقت۔

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 منطقی بلا شرکت جمع کا جدول صداقت۔

۳.۱.۳ منطقی نفی

بوولین تفاعل $Z = f(X)$ کی تیسری مثال لیتے ہیں جہاں آزاد متغیر X اور تابع متغیر Z کا تعلق جدول ۶.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔

اس تفاعل کو **بوولین نفی** یا **منطقی نفی**[۷] کہتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ درحقیقت، تابع متغیر Z، آزاد متغیر کا متمم ہے۔ یوں "منطقی نفی" درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$Z = \overline{X} \qquad \text{(منطقی نفی یا متمم)} \tag{۳.۳}$$

منطقی نفی صرف ایک آزاد متغیر کے لیے بیان کیا جا سکتا ہے، اور اس کی تعریف درج ذیل ہے۔

تعریف: منطقی نفی آزاد متغیر کا متمم دیتا ہے۔

□

۳.۱.۴ منطقی بلا شرکت جمع

دو آزاد متغیرات کا ایسا بوولین تفاعل جدول ۷.۳ میں دکھایا گیا ہے، جس کا تابع متغیر اس صورت 1 ہے جب صرف ایک آزاد متغیر 1 ہو۔ یہ دو متغیر **منطقی بلا شرکت جمع**[۸] 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 منطقی بلا شرکت کا تابع متغیر 1 ہو گا۔

□

---

[۷] NOT
[۸] exclusiveOR,XOR

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

جدول ۳.۹: دو متغیر منطقی ضد بلا شرکت جمع کا جدول صداقت۔

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 ۳.۱۰: تین متغیر بوولین ضد بلا شرکت جمع کا جدول صداقت۔

تین آزاد متغیر بلا شرکت جمع تفاعل کو جدول ۳.۸ میں پیش کیا گیا ہے۔

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

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

۳.۱.۵ منطقی ضد بلا شرکت جمع

منطقی بلا شرکت جمع تفاعل کا نفی (یعنی متمم) لینے سے **منطقی ضد بلا شرکت جمع**[۹] حاصل ہو گا، جو دو اور تین آزاد متغیرات کے لیے درج ذیل لکھا جاتا ہے۔

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

جدول ۳.۷ اور جدول ۳.۸ میں تابع متغیر نفی کرنے سے بالترتیب دو اور تین منطقی 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

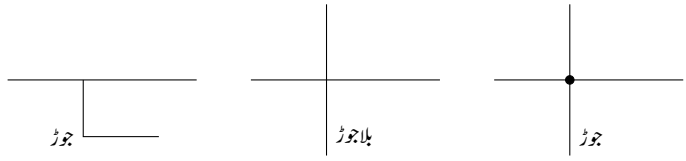
شکل ۳.۱ پر غور کریں جس میں برقی تاروں کے بیچ جوڑ کی وضاحت کی گئی ہے۔

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

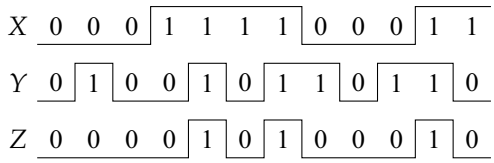
جہاں تاریں آپس میں جڑی نہ ہوں وہاں انہیں بغیر نقطے کے نشان سے ایک دوسری کے اوپر سے گزرتا دکھایا جاتا ہے۔ نقطہ کے نشان کی غیر موجودگی میں ان تاروں کو دو علیحدہ اور بلا جوڑ تاریں سمجھا جائے۔

---

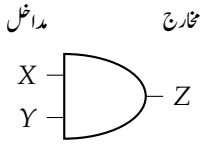
[۹] XNOR



شکل ۳.۱: تاروں کے بیچ برقی جوڑ۔



شکل ۳.۳: ضرب گیٹ کی کارکردگی۔



شکل ۳.۲: دو مداخل ضرب گیٹ۔

تیسری صورت بھی شکل میں دکھائی گئی ہے جہاں غلط فہمی 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 جڑی ہیں)۔

۳.۳ عددی گیٹ

بوولین الجبرا کے تین اہم ترین تفاعل (منطقی ضرب، منطقی جمع، اور منطقی نفی) پر حصہ ۱.۳ میں غور کیا گیا۔ یہ تفاعلات عددی برقیات میں کلیدی کردار ادا کرتے ہیں، جہاں انہیں عددی ادوار کی مدد سے عملی جامہ پہنایا جاتا ہے۔ یہ مخصوص عددی ادوار، عددی گیٹ یا مختصراً **گیٹ**[۱۰] کہلاتے ہیں۔

۳.۳.۱ ضرب گیٹ

منطقی (بوولین) ضرب تفاعل کو، شکل ۳.۲ میں پیش، **ضرب گیٹ**[۱۱] عملی جامع پہناتا ہے۔ آزاد متغیرات، X اور Y، ضرب گیٹ کی بائیں جانب، جبکہ تابع متغیر، Z، دائیں جانب ہے۔ دو متغیر ضرب گیٹ (دو مداخل ضرب گیٹ) کے دو مداخل اور ایک مخارج ہوگا۔ یہ گیٹ، ضرب تفاعل کے جدول صداقت کو مطمئن کرتا ہے۔

شکل ۳.۳ میں دو مداخل 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 اُس صورت بلند ہوتا ہے جب ضرب گیٹ کے تمام مداخل بلند ہوں۔ ہم 0 کو **پست**[۱۲] یا **کاذب**[۱۳] اور 1 کو **بلند**[۱۴] یا **صادق**[۱۵] بھی پکارتے ہیں۔ (چونکہ جدول صداقت میں کاذب اور صادق حال درج ہوگا، لہٰذا اس کو ''جدول صداقت'' کہتے ہیں۔) اس شکل میں مداخل کو کسی خاص ترتیب سے تبدیل نہیں کیا گیا۔

---

[۱۰] gates
[۱۱] ANDgate
[۱۲] low
[۱۳] false
[۱۴] high
[۱۵] true

شکل ۳.۴: ضرب گیٹ بطور سوئچ یا ایک بِٹ گیٹ۔

	معذور			مجاز				معذور				
قابو	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
مخارج	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

شکل ۳.۵: ضرب گیٹ کی کارکردگی۔

ضرب گیٹ کو شکل ۳.۴ میں بطور عددی گیٹ یا عددی سوئچ دکھایا گیا ہے جہاں ایک داخلی **پنیا**[۱۶] کو **قابو**[۱۷] کا نام دیا گیا ہے جبکہ دوسرے کو (ہمیشہ کی طرح) مداخل کہا گیا ہے۔ ضرب گیٹ کے جدول صداقت سے واضح ہے کہ جب تک قابو پنیا 0 ہو، خارجی پنیا 0 رہتا ہے۔ اس صورت میں مداخل پر موجود مواد، خارجی پنیا تک نہیں پہنچ سکتا، یعنی اس پر 0 یا 1 کا مخارج پر کوئی اثر نہیں ہوتا؛ ہم کہتے ہیں قابو پنیا نے ضرب گیٹ کو **معذور**[۱۸] کر دیا۔ اس کے برعکس اگر قابو پنیا 1 ہو تب خارجی پنیا پر وہی کچھ ہو گا جو مداخل پر ہو گا؛ ہم کہتے ہیں ضرب گیٹ **مجاز**[۱۹] کر دیا گیا ہے۔ قابو پنیا پر ایک یا صفر سے داخلی اشارہ (مواد) کو خارجی پنیا تک پہنچنا، ممکن یا ناممکن بنایا جا سکتا ہے۔ یوں یہ ایک ''دروازے'' کی طرح کام کرتا ہے، جس کی وجہ سے یہ ''گیٹ'' کہلاتا ہے۔ قابو پنیا کو، معذور اور مجاز بنانے والا پنیا بھی کہتے ہیں۔ شکل ۳.۵ میں ضرب گیٹ کی کارکردگی دکھائی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ صرف مجاز صورت میں مواد مخارج تک پہنچ پاتا ہے؛ معذور صورت میں مخارج ہمیشہ پست رہے گا۔

۳.۳.۲ جمع گیٹ

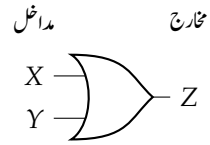
منطقی جمع (بوولین جمع) تفاعل کو **جمع گیٹ**[۲۰] سے عملی جامع پہنایا جاتا ہے۔ دو مداخل جمع گیٹ شکل ۳.۶ میں دکھایا گیا ہے۔ یہ گیٹ، جمع تفاعل کے جدول صداقت کو مطمئن کرتا ہے۔

جمع گیٹ کی کارکردگی شکل ۳.۷ میں ترسیم کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں، جمع گیٹ کا مخارج اُس صورت بلند ہو گا جب کوئی ایک یا ایک سے زیادہ مداخل بلند ہو۔

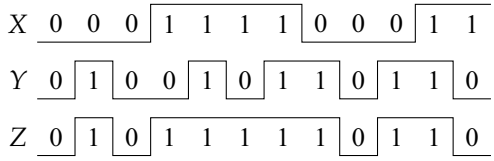
جمع گیٹ میں اگر کسی ایک پنیا کو قابو پنیا سمجھا جائے تو پست قابو، گیٹ کو مجاز بنا کر، داخلی مواد کو مخارج تک پہنچنے کی اجازت دیتا ہے، جبکہ بلند قابو کی صورت میں مخارج لازماً بلند رہتا ہے۔

---

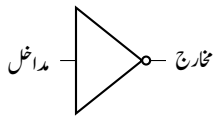
[۱۶] pin
[۱۷] control
[۱۸] disabled
[۱۹] enabled
[۲۰] ORgate



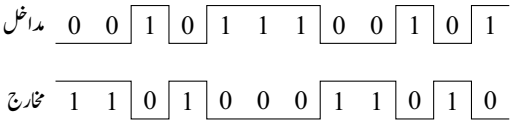
شکل ۳.۶: دو مداخل جمع گیٹ۔



شکل ۳.۷: جمع گیٹ کی کارکردگی۔



شکل ۳.۸: نفی گیٹ



شکل ۳.۹: نفی گیٹ کی کارکردگی۔

۳.۳.۳ نفی گیٹ

نفی تفاعل کو **نفی گیٹ**[۲۱] سے عملی جامع پہنایا جاتا ہے، جس کی علامت شکل ۳.۸ میں دکھائی گئی ہے، اور جو مواد کو مخارج تک پہنچنے سے روک نہ پانے کے باوجود (نفی) "گیٹ" کہلاتا ہے۔ اس کی کارکردگی شکل ۳.۹ میں ترسیم کی گئی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں، نفی گیٹ کا مخارج اس کے مداخل کا اُلٹ ہوگا۔ یہ گیٹ، نفی تفاعل کے جدول صداقت کو مطمئن کرتا ہے۔

نفی تفاعل ایک آزاد اور ایک تابع متغیر رکھتا ہے، لہٰذا نفی 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 ۳.۱۰ میں تین مداخل ضرب گیٹ اور جدول، اور شکل ۳.۱۱ میں تین مداخل جمع گیٹ اور جدول صداقت 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۔

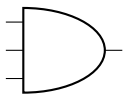
شکل ۳.۱۲ میں دو ضرب گیٹ یوں جوڑے گئے ہیں کہ ایک کا مخارج دوسرے کے مداخل سے جڑا ہے۔ ساتھ ہی اس دور کا جدول صداقت دیا گیا ہے۔ پہلے جدول استعمال کیے بغیر اس دور کو سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ مخارج Z اس صورت بلند ہوگا جب دائیں گیٹ کے مداخل C اور D دونوں بلند ہوں لیکن D بلند ہونے کے لیے ضروری ہے کہ بائیں گیٹ 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۔

آئیں اب جدول کو سمجھتے ہیں۔ تین مداخل ABC کے خانوں کو تین ہندسوں کے ثنائی اعداد 000 تا 111 سے پُر کریں۔ اس کے بعد بائیں ضرب گیٹ کے مخارج D کے خانے پُر 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 مخارج Z کے خانے پُر کریں۔ یہ صرف C اور D پر منحصر ہے، اور بلند صرف اس صورت ہوگا جب یہ دونوں بلند ہوں۔

---

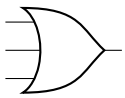
[۲۱] NOTgate

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



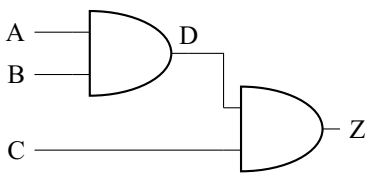
شکل ۱۰.۳: تین مداخل ضرب گیٹ۔

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 ۱۱.۳: تین مداخل جمع گیٹ۔

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 ۱۲.۳: دو مداخل ضرب گیٹ سے تین مداخل ضرب گیٹ کا حصول۔

ان نتائج کے جدول کا شکل ۱۰.۳ میں پیش تین مداخل ضرب گیٹ کے جدول کے ساتھ کریں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شکل ۱۲.۳ میں دونوں ضرب گیٹ مل کر تین مداخل ضرب گیٹ کا کردار ادا کرتے ہیں۔ یوں دو داخلی ضرب گیٹوں کی مدد سے زیادہ مداخل کا ضرب گیٹ حاصل کیا جا سکتا ہے۔

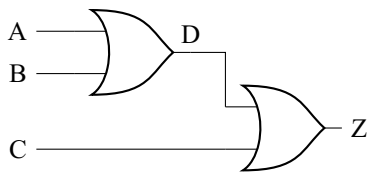
شکل ۱۳.۳ میں دو مداخل جمع گیٹوں سے تین مداخل جمع گیٹ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ یہاں Z صرف اس صورت پست ہو گا جب دائیں گیٹ کے دونوں مداخل، C اور D، پست ہوں لیکن D صرف اس صورت پست ہو سکتا ہے جب بائیں گیٹ کے مداخل، A اور B، پست ہوں۔ یوں Z صرف اس صورت پست ہو گا جب A ، B ،اور C پست ہوں، جو تین مداخل جمع گیٹ کی خاصیت ہے۔

جمع گیٹ اور ضرب گیٹ پر مبنی، شکل ۱۴.۳ میں دکھائے گئے ادوار کو مثال بنا کر، عددی ادوار حل کرنا سیکھتے ہیں۔

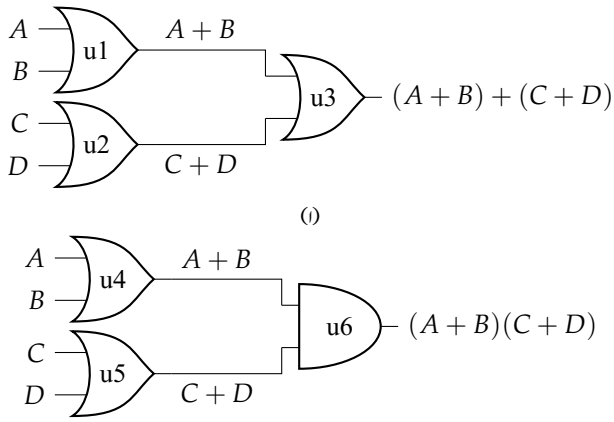
شکل ۱۴.۳-الف سے آغاز کرتے ہیں جہاں گیٹوں کو $u1$ ، $u2$ ، اور $u3$ نام دیے گئے ہیں۔ جمع گیٹ $u1$ اور $u2$ کے خارجی پنے، جمع گیٹ $u3$ کے داخلی پنیوں سے جڑے ہیں۔ چونکہ $u1$ کا مخارج $A+B$ اور $u2$ کا مخارج $C+D$ دے گا، لہٰذا $u3$ کا مخارج $(A+B)+(C+D)$ یعنی $A+B+C+D$ دے گا۔

آئیں اب شکل ۱۴.۳-ب حل کرتے ہیں۔ یہاں $u4$ اور $u5$ کے مخارج بالترتیب $A+B$ اور $C+D$ دیں گے۔ چونکہ $u6$ ضرب گیٹ ہے، لہٰذا اس کا مخارج $(A+B)(C+D)$ ہو گا۔

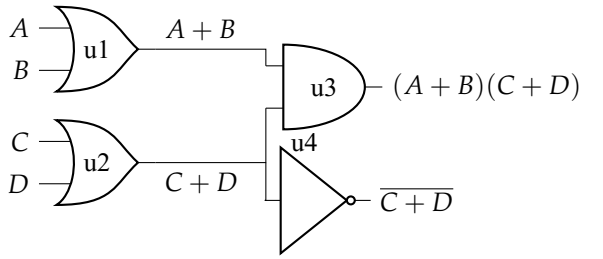
A	B	C	D	Z
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1



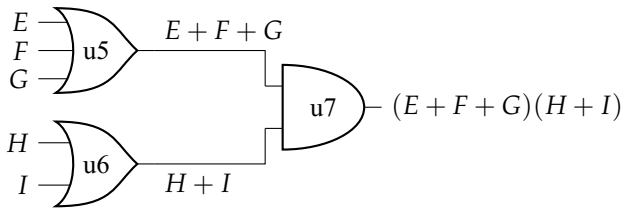
شکل ۳.۱۳: دو مداخل جمع گیٹ سے تین مداخل جمع گیٹ کا حصول۔



شکل ۳.۱۴: جمع اور ضرب گیٹ کے ادوار۔



(ا)



(ب)

شکل ۳.۱۵: گیٹوں کا دوسرا دور۔

شکل ۳.۱۵-الف میں $u2$ کا مخارج $u3$ کے مداخل اور $u4$ کے مداخل کے ساتھ جڑا ہے۔ گیٹ $u1$ اور $u2$ کے مخارج بالترتیب $A + B$ اور $C + D$ ہیں۔ گیٹ $u3$ کا مخارج $(A + B)(C + D)$ اور $u4$ کا مخارج $\overline{C + D}$ 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 مداخل ضرب گیٹ کا مخارج ABC ہوگا، جو نفی گیٹ کا مداخل ہے، لہٰذا نفی گیٹ کا مخارج $Z = \overline{ABC}$ ہوگا۔ ضرب گیٹ کے مخارج کا متمم اتنی اہمیت رکھتا ہے کہ اس کے لیے علیحدہ گیٹ بنایا گیا ہے، جسے **ضرب متمم**[۴۲] گیٹ (یا **ضد ضرب** گیٹ) کہتے ہیں اور جو شکل-ب میں (تین مداخل کے لیے) دکھایا گیا ہے۔ ضرب گیٹ کے جدول کا متمم لینے سے ضرب متمم گیٹ کا جدول صداقت حاصل ہوگا جو اسی شکل میں پیش کیا گیا ہے۔

دو مداخل ضرب متمم گیٹ کی مساوات درج ذیل ہوگی، جہاں X اور Y مداخل جبکہ Z مخارج ہے۔

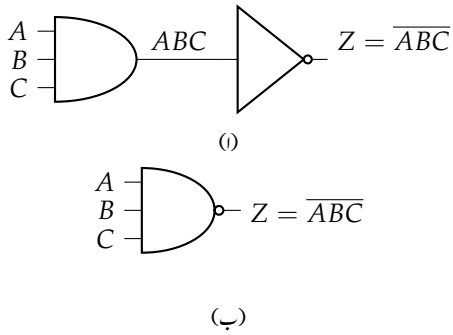
$$Z = \overline{XY} = \overline{X} + \overline{Y} \qquad \text{(ضرب متمم)} \qquad (۳.۶)$$

شکل ۳.۱۷-الف میں تین مداخل جمع گیٹ کا مخارج $A + B + C$ ہوگا، جو نفی گیٹ کا مداخل ہے، لہٰذا نفی گیٹ کا مخارج $Z = \overline{A + B + C}$ ہوگا۔ جمع گیٹ کے مخارج کا متمم اتنی اہمیت رکھتا ہے کہ اس کے لیے علیحدہ گیٹ بنایا گیا ہے، جسے جمع متمم گیٹ (یا ضد جمع گیٹ) کہتے ہیں اور جو شکل-ب میں

---

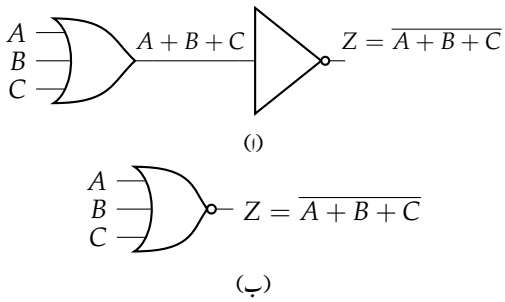
[۴۲] NAND

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

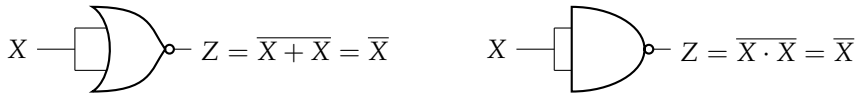


شکل ۳.۱۶: ضرب متمم گیٹ یا ضد ضرب گیٹ۔

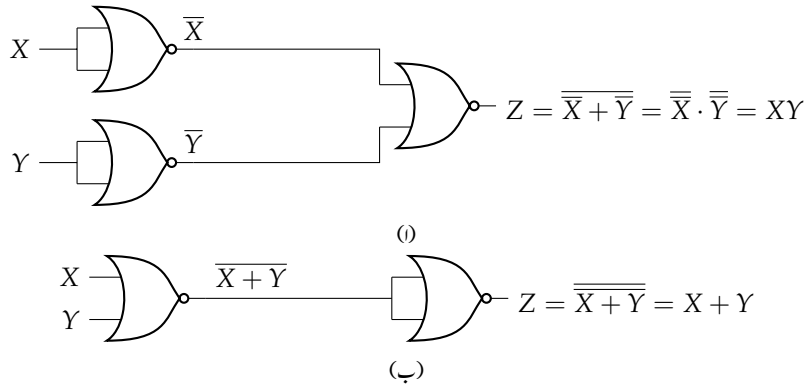
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0



شکل ۳.۱۷: جمع متمم گیٹ یا ضد جمع گیٹ۔



شکل ۳.۱۸: ضرب متمم اور جمع متمم گیٹ سے نفی گیٹ کا حصول۔



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

(تین مداخل کے لیے) دکھایا گیا ہے۔ جمع گیٹ کے جدول کا متمم لینے سے جمع متمم گیٹ کا جدول حاصل ہو گا جو اسی شکل میں پیش کیا گیا ہے۔

دو مداخل جمع متمم گیٹ کی مساوات درج ذیل ہو گی، جہاں X اور Y مداخل جبکہ Z مخارج ہے۔

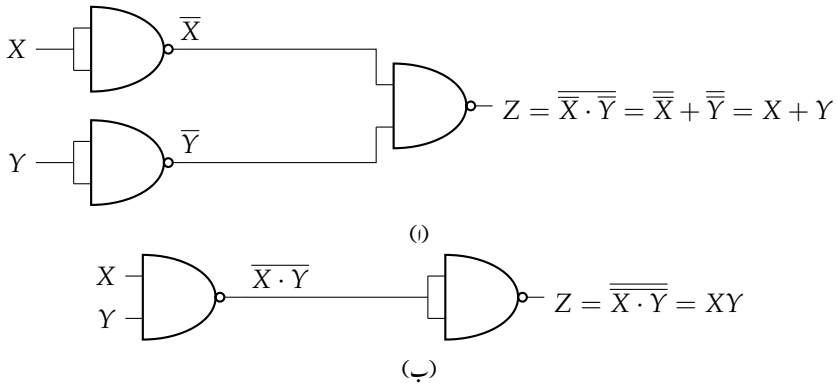
$$Z = \overline{X + Y} = \overline{X} \cdot \overline{Y} \qquad \text{(جمع متمم)} \qquad (۳.۷)$$

شکل ۳.۱۸ میں ضرب متمم اور جمع متمم گیٹ سے نفی گیٹ کا حصول دکھایا گیا ہے۔ ضرب متمم کے دونوں مداخل کو آپس میں جوڑا گیا ہے، لہٰذا دونوں مداخل پر X ہو گا۔ یوں مخارج $Z = \overline{X \cdot X}$ یعنی $Z = \overline{X}$ ہو گا؛ یہاں اس حقیقت کو استعمال کیا گیا ہے کہ اگر $X = 0$ ہو تب $X \cdot X$ بھی 0 ہو گا، اور اگر $X = 1$ ہو تب $X \cdot X$ بھی 1 ہو گا، لہٰذا $X \cdot X = X$ لکھا جا سکتا ہے۔ نفی گیٹ کا مخارج بھی یہی ($Z = \overline{X}$) دے گا، لہٰذا ضرب گیٹ کے دونوں مداخل آپس میں جوڑنے سے نفی گیٹ کی کارکردگی حاصل ہو گی۔ اسی طرح (تسلی کر لیں کہ) جمع گیٹ کے مداخل آپس میں جوڑنے سے بھی نفی گیٹ حاصل ہو گا۔

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 ہو گا۔

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

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



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

۳.۳.۶ بلا شرکت جمع گیٹ اور بلا شرکت جمع متمم گیٹ

بلا شرکت جمع تفاعل کو **بلا شرکت جمع**[۴۳] 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) تفاعل کو **بلا شرکت جمع متمم**[۴۴] گیٹ (یعنی **ضد بلا شرکت جمع** گیٹ) کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے جس کا جدول صداقت اور علامت، شکل-ب میں پیش کیے گئے ہیں۔

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

تین مداخل بلا شرکت جمع گیٹ کا مخارج حاصل کرنے کے لیے اس کے کسی دو مداخل کا بلا شرکت جمع حاصل کریں اور حاصل جواب کا تیسرے مداخل کے ساتھ بلا شرکت جمع لیں۔ یہی بلا شرکت جمع ہو گا۔ متعدد مداخل بلا شرکت جمع گیٹ کا مخارج اُس صورت بلند ہو گا جب بلند مداخل کی تعداد طاق ہو۔

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

۳.۴ گیٹوں کے برقی خواص

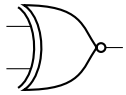
گیٹ (کا مخارج) اس صورت بلند تصور کیا جاتا ہے جب اس (کے مخارج پنیا) کا خارجی دباؤ ایک مخصوص قیمت کے برابر یا اس سے زیادہ ہو۔ یہ قیمت **بلند خارجی برقی دباؤ**[۴۵] V_{OH} کہلاتی ہے۔ بلند صورت میں گیٹ، مخارج پنیے پر ایک مخصوص قیمت تک برقی رو خارج (مہیا) کر سکتا ہے، جو گیٹ کا **بلند خارجی برقی رو**[۴۶] I_{OH} کہلاتا ہے۔

---

[۴۳] XOR
[۴۴] XNOR
[۴۵] outputHIGHvoltage
[۴۶] outputhighcurrent

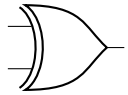
A	B	C	Z
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

(ب)

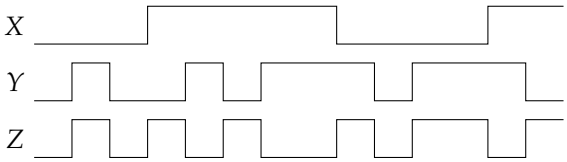


A	B	C	Z
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

(ا)



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



شکل ۳.۲۲: بلا شرکت جمع گیٹ کی کارکردگی۔

گیٹ (کا مخارج) اس صورت پست تصور کیا جاتا ہے جب اس (کے مخارج پنیا) کا خارجی دباؤ ایک مخصوص قیمت کے برابر یا اس سے کم ہو۔ یہ قیمت **پست خارجی برقی دباؤ**[۲۷] V_{OL} کہلاتی ہے۔ پست گیٹ، مخارج پنے پر ایک مخصوص قیمت تک برقی رو جذب کر سکتا ہے، جو گیٹ کا **پست خارجی برقی رو**[۲۸] I_{OL} کہلاتا ہے۔

گیٹ ایک مخصوص قیمت اور اس سے زیادہ داخلی برقی دباؤ کو بلند تصور کرتا ہے۔ اس برقی دباؤ کو **بلند داخلی برقی دباؤ**[۲۹] V_{IH} کہتے ہیں۔ گیٹ کے کسی ایک مداخل کو بلند کرنے کی خاطر درکار برقی رو کو **بلند داخلی برقی رو**[۳۰] I_{IH} کہتے ہیں۔

گیٹ ایک مخصوص قیمت اور اس سے کم داخلی برقی دباؤ کو پست تصور کرتا ہے۔ اس قیمت کو **پست داخلی برقی دباؤ**[۳۱] V_{IL} کہتے ہیں۔ گیٹ کے کسی ایک مداخل کو پست کرنے کی خاطر درکار برقی رو کو **پست داخلی برقی رو**[۳۲] I_{IL} کہتے ہیں۔

گیٹوں کو آپس میں برقی تاروں سے جوڑا جاتا ہے۔ کبھی کبھار ان تاروں میں، جائے 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**[۳۳] کہتے ہیں۔ ایک گیٹ کے پست خارجی برقی دباؤ کے ساتھ یہ شور جمع ہو کر اگلے گیٹ کے پست داخلی برقی دباؤ سے تجاوز کر سکتا ہے۔ اسی طرح برقی شور بلند خارجی برقی دباؤ سے نفی ہو کر بلند داخلی برقی دباؤ سے کم ہو سکتا ہے۔ ان دونوں صورتوں میں اگلا گیٹ غیر متوقع نتائج دے گا۔

بلند خارجی برقی دباؤ کی قیمت، بلند داخلی برقی دباؤ کی قیمت سے زیادہ ہوتی ہے۔ ان کے فرق کو **بلند حال شور کی گنجائش**[۳۴] V_{NH} کہتے ہیں (شکل ۳.۲۳ دیکھیں)۔

$$V_{NH} = V_{OH} - V_{IH} \tag{۳.۸}$$

پست خارجی برقی دباؤ کی قیمت، پست داخلی برقی دباؤ کی قیمت سے کم ہوتی ہے۔ ان کے فرق کو **پست حال شور کی گنجائش**[۳۵] V_{NL} کہتے ہیں۔

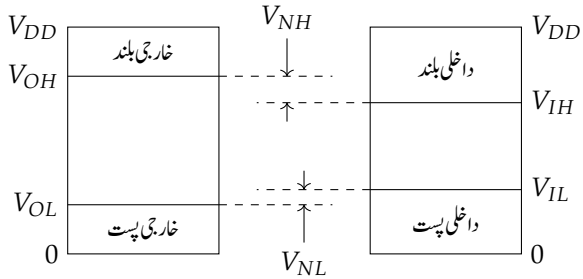
$$V_{NL} = V_{IL} - V_{OL} \tag{۳.۹}$$

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

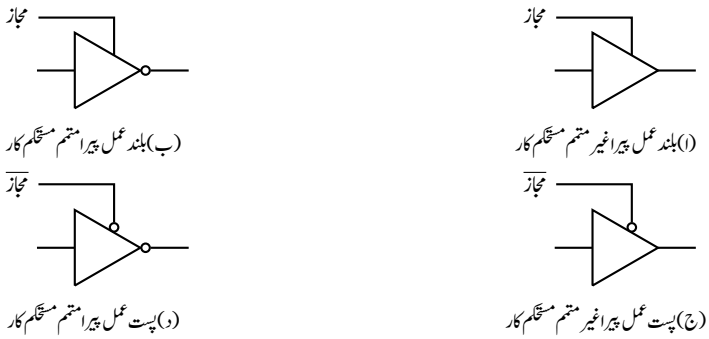
پست داخلی برقی دباؤ اور بلند داخل برقی دباؤ کے بیچ سعت (V_{IL} تا V_{IH}) معنی نہیں رکھتا اور غیر متوقع صورت پیدا کر سکتا ہے، لہٰذا عددی اشارات اس خطہ کو استعمال نہیں کرتے۔ گیٹ اپنے مخارج کو تب تک بلند رکھ سکتا ہے جب تک یہ (اپنی) بلند خارجی برقی رو حد یا اس سے کم برقی رو مہیا کرتا ہو۔ اسی طرح گیٹ اپنے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

---

[۲۷] outputLOWvoltage
[۲۸] outputLOWcurrent
[۲۹] inputHIGHvoltage
[۳۰] inputHIGHcurrent
[۳۱] inputLOWvoltage
[۳۲] inputLOWcurrent
[۳۳] noise
[۳۴] highstatenoisemargin
[۳۵] lowstatenoisemargin



شکل ۳.۲۳: شور کی گنجائش کا تخمینہ۔



شکل ۳.۲۴: مجاز و معذور صلاحیت کے مستحکم کار۔

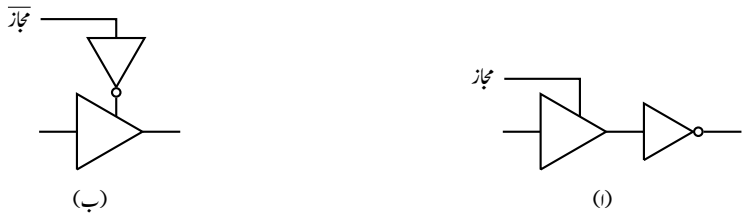
۳.۴.۱ مستحکم کار

جیسا اذکر ہوا، **مستحکم کار**[۳۶] وہ توانا گیٹ ہے جو زیادہ برقی رو خارج اور جذب کر سکتا ہے۔ اسے عموماً اس مقام پر نصب کیا جاتا ہے جہاں درکار برقی رو عام گیٹ کے برقی رو کی حدود سے تجاوز کرتا ہو۔ عام طور پر مستحکم کار مجاز و معذور ہونے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے۔

مستحکم کار کی مختلف اقسام کی علامتیں شکل ۳.۲۴ میں دکھائی گئی ہیں۔ مجاز کردہ مستحکم کار، داخلی مواد کو خارج کرتا ہے جبکہ معذور کردہ مستحکم کار منقطع سوئچ کی طرح دونوں اطراف کے ادوار منقطع کرتا ہے۔ معذور مستحکم کار "زیادہ رکاوٹی حال" اختیار کرتے ہوئے نہ 0 اور نہ 1 خارج کرتا ہے۔ زیادہ رکاوٹی حال کو ہم **بلند رکاوٹی حال**[۳۷] کہتے ہیں۔ آپ جانتے ہیں کہ عام گیٹ مثلاً جمع گیٹ یا ضرب گیٹ کا مخارج لازماً بلند یا پست ہوگا۔ ہم کہتے ہیں یہ گیٹ **دو حالی**[۳۸] یا **دو حال** ہیں، یعنی ان کے دو حال (بلند حال اور پست حال) ممکن ہیں۔ مجاز و معذور صلاحیت کا مستحکم کار تین مختلف حال (بلند حال، پست حال اور بلند رکاوٹی حال)

---

[۳۶] buffer
[۳۷] highimpedancestate
[۳۸] two-state



شکل ۲۵.۳: نفی گیٹ استعمال کرنے سے دیگر مستحکم کار حاصل کیے جاتے ہیں۔

میں ہو سکتا ہے لہٰذا یہ **سہ حالہ**[۳۹] یا **سہ حال** کہلائے گا۔

مجاز و معذور صلاحیت کے مستحکم کار بطور برقی سوئچ کام کرتے ہیں۔ شکل ۲۴.۳-اا اور ب کے مستحکم کار کو منقطع کرنے کی خاطر ''مجاز'' کو پست کیا جائے گا، جبکہ اسے بلند کرنے سے مستحکم کار مجاز ہو کر مداخل کے مواد کو مخارج تک پہنچائے گا۔ شکل-ج اور د میں مستحکم کار کے مخارج کو مداخل سے منقطع کرنے کی خاطر $\overline{\text{مجاز}}$ 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 مخارج پر داخلی اشارے کا متمم حاصل ہو گا۔ انہیں وجوہات کی وجہ سے شکل ۲۴.۳-اکا دور **بلند عمل پیرا غیر متمم مستحکم کار**[۴۰]، شکل-ب **بلند عمل پیرا متمم مستحکم کار**[۴۱]، شکل-ج **پست عمل پیرا غیر متمم مستحکم کار**[۴۲]، اور شکل-د **پست عمل پیرا متمم مستحکم کار**[۴۳] کہلاتے ہیں۔

شکل ۲۴.۳-الف کے مستحکم کار کے مخارج کو نفی گیٹ سے منسلک کر کے شکل-ب کا مستحکم کار حاصل ہو گا (شکل ۲۵.۳-الف دیکھیں) جس کا مخارج داخلی اشارے کا متمم ہو گا۔ اسی طرح شکل ۲۴.۳-الف کے قابو اشارہ (مجاز) سے پہلے نفی گیٹ نصب کرنے سے شکل-ج حاصل ہو گا (شکل ۲۵.۳-ب دیکھیں)۔ شکل ۲۴.۳-الف کے قابو اشارہ (مجاز) سے پہلے اور مخارج کے بعد نفی گیٹ نصب کرنے سے شکل-د حاصل ہو گا۔

بلند عمل پیرا غیر متمم مستحکم کار (شکل ۲۴.۳-الف) کی کارکردگی جدول ۱۱.۳-الف میں پیش کی گئی ہے۔ غیر مجاز مستحکم کار کا مخارج ''بلند رکاوٹی حال'' میں ہو گا۔ جدول-الف کی اولین دو صف اس صورت کو ظاہر کرتی ہیں؛ چونکہ غیر مجاز حال میں مداخل 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 ''مجاز'' کو پست (0) کرنے سے مستحکم کار بلند رکاوٹی حال اختیار کر کے، مخارج سے جڑے ادوار پر کسی قسم کا اثر نہیں رکھتا۔ مجاز بلند (1) کرنے سے مخارج پر وہی مواد خارج ہو گا جو مداخل پر مہیا کیا جائے۔

مستحکم کار داخلی 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 اُلٹ جوڑے جاتے ہیں، شکل ۲۶.۳-الف دیکھیں۔ اس کو **دو طرفہ**[۴۴] مستحکم کار کہتے ہیں۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے۔ بلند ''مجاز'' کی صورت میں $u1$ مجاز اور $u2$ معذور ہو گا لہٰذا مواد بائیں سے دائیں منتقل ہو گا، جبکہ پست ''مجاز'' کی صورت میں $u2$ مجاز اور $u1$ معذور ہو گا لہٰذا مواد دائیں سے بائیں منتقل ہو گا۔

---

[۳۹] tri-state
[۴۰] activehighnoninvertingbuffer
[۴۱] activehighinvertingbuffer
[۴۲] activelownoninvertingbuffer
[۴۳] activelowinvertingbuffer
[۴۴] bidirectional

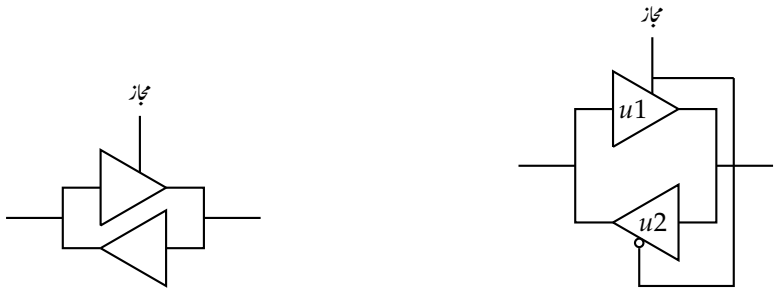
جدول ۳.۱۱: بلند عمل پیرا غیر متمم مستحکم کار کی کارکردگی۔

(ا)

مخارج	مداخل	مجاز
بلند رکاوٹی حال	0	0
بلند رکاوٹی حال	1	0
0	0	1
1	1	1

(ب)

مخارج	مداخل	مجاز
بلند رکاوٹی حال	x	0
0	0	1
1	1	1



(ا) (ب)

شکل ۳.۲۶: دو طرفہ مستحکم کار۔

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

مستحکم کار اور متمم مستحکم کار کے مداخل آپس میں جوڑنے سے ان کے مخارج پر تضاد حال حاصل کیے جا سکتے ہیں؛ شکل ۳.۲۷-الف دیکھیں۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے۔

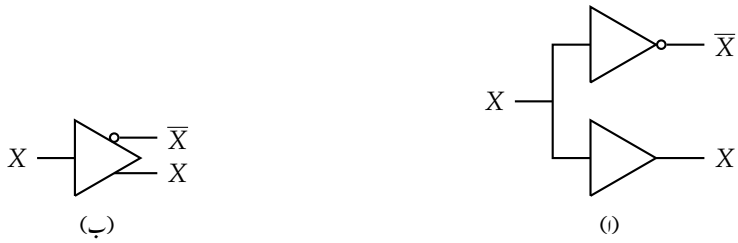
۳.۴.۲ مخلوط ادوار

عام دستیاب ضرب متمم گیٹ شکل ۳.۲۸ میں دکھایا گیا ہے۔ بر قیاتی ادوار، عموماً، اسی طرح ڈبی میں بند دستیاب ہوں گے جنہیں **مخلوط دور**[۴۵] کہتے ہیں۔ مخلوط ادوار پر اس کا اعدادی نام مثلاً 7400 درج ہو گا؛ اس عدد کے ہندسوں کے بیچ یا اطراف پر حروف بھی ہوں گے جو اضافی معلومات فراہم کرتے ہیں۔ ساتھ ہی ڈبی پر دوسرا عدد مخلوط دور تیار کرنے کی تاریخ دے گا۔ مثلاً دوسرا عدد 7645 ہو سکتا ہے جو ہمیں بتائے گا کہ 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۔

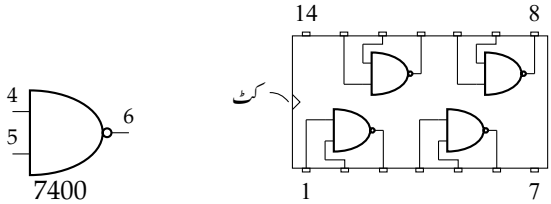
ڈبی پر ''کٹ'' کے نشان سے گھڑی مخالف رخ پنیے گنے جاتے ہیں۔ گیٹ کی علامت میں پنیے پر لکھا عدد ڈبی میں اس پنیے کا مقام دیتا ہے۔ یوں گیٹ کے خارجی پنیے پر 6 اس پنیے کا ڈبی میں مقام دیتا ہے۔ گیٹ کا خاکہ بناتے وقت اس کے قریب مخلوط دور کا نام (یا نمبر جو یہاں 7400 ہے) لکھا جاتا ہے۔

---

[۴۵] IC, integrated circuit



شکل ۳.۲۷: اشارہ اور اشارے کا متمم دیتا مستحکم کار۔



شکل ۳.۲۸: مخلوط دور 7400

چند مخلوط ادوار درج ذیل ہیں۔

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

مشق ۳.۱: انٹرنیٹ سے مندرجہ بالا تمام مخلوط ادوار کے **معلوماتی صفحات**[۴۶] حاصل کریں اور ان میں علیحدہ علیحدہ گیٹوں کے مقام دریافت کریں۔ معلوماتی صفحات میں بکثرت مواد موجود ہو گا 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

---

[۴۶] datasheet

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 لیے ان کو برقی دباؤ مہیا کرنا لازم ہے۔ سلسلہ 7400 کے تمام مخلوط ادوار مثبت یک سمتی پانچ وولٹ $(5\,\mathrm{V})$ پر کام کرتے ہیں۔ شکل ۳.۲۸ میں دکھائے گئے مخلوط دور کو یک سمتی برقی دباؤ پنیا سات (7) اور چودہ (14) پر مہیا کیا جائے گا، جہاں پنیا 14 مثبت ہو گا۔ جن دو پنیوں پر مخلوط دور کو برقی طاقت مہیا کی جاتی ہے، انہیں **طاقتی پنیے** کہتے ہیں۔

مشق ۳.۲: انٹرنیٹ سے سلسلہ $40xx$ میں دستیاب چار مداخل ضرب گیٹ مخلوط دور کا نمبر دریافت کریں۔ اس مخلوط دور کو کتنا برقی دباؤ درکار ہو گا؟

۳.۵ بوولین تفاعل کا تخمینہ

منطقی ضرب، جمع، نفی تفاعلات کے جدول صداقت آپ نے دیکھے۔ منطقی تفاعل کا تخمینہ لگانے میں منطقی جدول (جدول صداقت) نہایت کارآمد ثابت ہو گا۔ بوولین تفاعل کا تخمینہ لگاتے وقت (اس کے) آزاد بوولین متغیرات کی تمام ممکنہ قیمتوں کو ترتیب وار لکھ کر تفاعل حل کیا جائے گا۔

۳.۵.۱ بوولین تفاعل کا تخمینہ

بوولین تفاعل کا تخمینہ لگانے کی خاطر ہم بوولین تفاعل $Z = A + B\overline{C}$ کو مثال لیتے ہیں۔ اس تفاعل کے تین آزاد متغیرات ہیں، لہٰذا تین ہندسوں کے تمام ثنائی اعداد لکھ کر آزاد متغیرات کی تمام ممکنہ 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 کے بجائے $\overline{C}$ استعمال ہوا ہے، لہٰذا جدول میں $\overline{C}$ خانہ شامل کرتے ہیں۔ پہلی صف میں $ABC = 000$ ہے؛ یوں C کی قیمت 0 لہٰذا $\overline{C}$ کی قیمت 1 ہو گی، جس کو نئی قطار میں بطور پہلا جزو درج کرتے ہیں۔ یاد رہے کہ C اور $\overline{C}$ ایک ہی متغیرہ کے دو پہلو ہیں، لہٰذا متغیرات کی تعداد تین رہے گی۔

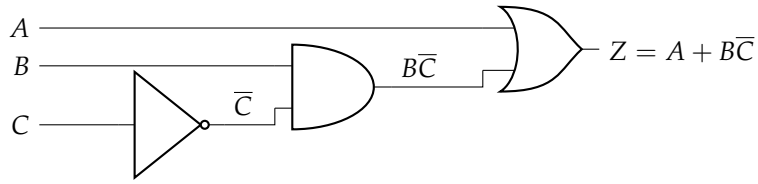
A	B	C	$\overline{C}$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

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

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

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



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

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

درج بالا جدول صداقت 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 لیے دور $Z = 0$ دے گا۔ تیسری صف میں $A = 0$ ، $B = 1$ ، اور $C = 0$ ہیں جن کے لیے، عین جدول کے مطابق، $Z = 1$ حاصل ہوگا۔

۳.۶ قوسین میں بند بوولین تفاعل

روزمرہ الجبرا کی طرح بوولین الجبرا میں بھی قوسین میں بند تفاعل پہلے حل کیے جاتے ہیں۔

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

حل: تفاعل میں دو آزاد متغیرات ہیں لہٰذا دو ہندسوں پر مبنی شمائی گنتی 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 لہٰذا 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 ہو گا۔

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 بوولین تفاعل کی قیمت حاصل کر سکتے ہیں۔ تفاعل $\overline{A}+B(\overline{B}+A)$ حاصل کرنے کی خاطر $B(\overline{B}+A)$ اور $\overline{A}$ کا منطقی جمع حاصل کرنا ہو گا۔

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$(\overline{B}+A)$	$B(\overline{B}+A)$	$\overline{A}+B(\overline{B}+A)$
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 بوولین الجبرا کے بنیادی قوانین

بوولین الجبرا کے پانچ بنیادی قوانین مندرجہ ذیل ہیں۔

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

۲ اگر $X \neq 1$ ہو تب $X = 0$ ہو گا۔

۳ منطقی جمع

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

۴ منطقی ضرب

$$\begin{aligned} 0\cdot 0&=0\\ 0\cdot 1&=0\\ 1\cdot 0&=0\\ 1\cdot 1&=1 \end{aligned}$$

۵ منطقی نفی

$$\begin{aligned} \overline{0}&=1\\ \overline{1}&=0 \end{aligned}$$

اگرچہ یہ پانچ قوانین نہایت سادہ معلوم ہوتے ہیں، ان سے مکمل بوولین الجبرا اخذ کیا جا سکتا ہے۔ بوولین الجبرا کے چند قوانین جدول ۱۲.۳-الف اور ب میں پیش کیے گئے ہیں۔ یہ تمام درج بالا پانچ بنیادی قوانین سے اخذ کیے جا سکتے ہیں۔

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

مثال ۲.۳: جدول ۱۲.۳-الف کی شِق 1 کو بوولین جدول کی مدد سے ثابت کریں۔

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

جدول ۱۲.۳: بوولین الجبرا کے چند بنیادی قوانین۔

(ا) پہلا پہلو۔

شق	مساوات
1	$0 \cdot X = 0$
2	$1 \cdot X = X$
3	$X \cdot \overline{X} = 0$
4	$X \cdot X = X$
5	$X \cdot Y = Y \cdot X$
6	$(X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$
7	$X + XY = X$
8	$X(X + Y) = X$
9	$(X + Y)(X + Z) = X + YZ$
10	$X + \overline{X}Y = X + Y$
11	$XY + YZ + \overline{Y}Z = XY + Z$
12	$X(Y + Z) = XY + XZ$
13	$\overline{\overline{X}} = X$

(ب) دوسرا پہلو۔

شق	مساوات
1	$1 + X = 1$
2	$0 + X = X$
3	$X + \overline{X} = 1$
4	$X + X = X$
5	$X + Y = Y + X$
6	$(X + Y) + Z = X + (Y + Z)$
7	$X(X + Y) = X$
8	$X + XY = X$
9	$XY + XZ = X(Y + Z)$
10	$X(\overline{X} + Y) = XY$
11	$(X + Y)(Y + Z)(\overline{Y} + Z) = (X + Y)Z$
12	$X + YZ = (X + Y)(X + Z)$
13	$\overline{\overline{X}} = X$

X
0
1

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

X	$0 \cdot X$
0	0
1	0

اس جدول کی دائیں قطار کہتی ہے کہ $0 \cdot X$ ہمیشہ 0 ہو گا۔ 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 بہ 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، لہٰذا C کی قطار میں تمام اندراج کی قیمت 0 ہو گی۔

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، لہٰذا $0 \cdot X = 0$ ہو گا۔

مثال ۳.۳: جدول ۳.۱۲-الف کی شِق 2 کو بوولین جدول سے ثابت کریں۔

حل: اس شِق کے بائیں ہاتھ X واحد متغیرہ، جبکہ 1 مستقل ہے۔ متغیرہ کا بوولین جدول لکھتے ہیں؛ ساتھ ہی مستقل 1 کی قطار بھی شامل کرتے ہیں، جس کے تمام اندراج کی قیمت 1 ہو گی۔ 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 سی ہیں، لہٰذا ثابت ہوا کہ $1 \cdot X = X$ ہو گا۔ □

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

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

□

مثال ۳.۵: ثابت کرتے ہیں کہ $X \cdot X = X$ ہے۔ اگر $X = 0$ ہو تب $X \cdot X = 0 \cdot 0 = 0$ ہو گا جو X کے برابر ہے۔ اسی طرح $X = 1$ کی صورت میں $X \cdot X = 1 \cdot 1 = 1$ ہو گا جو X کے برابر ہے۔ ہم نے دیکھا کہ X کی تمام قیمتوں کے لیے 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 سی ہیں لہٰذا ثبوت پورا ہوا۔ □

مثال ۳.۸: $(1 + X = 1)$ ثابت کریں۔ حل:

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

دائیں دو قطار ایک سی ہیں لہٰذا 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 سی ہیں لہٰذا ثبوت پورا ہوتا ہے۔ □

مثال ۳.۱۰: ثابت کریں کہ $X(Y+Z) = XY + XZ$ ہو گا۔ 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 سی ہیں لہٰذا ثبوت پورا ہوا۔ □

مثال ۳.۱۱: ثابت کریں $X + XY = X$ ہو گا۔

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

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

جدول ۳.۱۲-ب کی شِق 1 کے تحت $1 + Y = 1$ ہو گا، لہٰذا درج ذیل لکھا جا سکتا ہے

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

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

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

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

اس طرح جدول ۳.۱۲-ب کی شِق 5 کو بھی دو سے زیادہ متغیرات کے لیے وسعت دی جاسکتی ہے۔ تین متغیرات کے لیے، یہ شِق 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

دو نہایت اہم قوانین جنہیں **ڈی مارگن کے کلیات** (یا **ڈی مارگن کے مسائل**[۴۷]) کہتے ہیں مندرجہ ذیل ہیں۔

$$\begin{aligned} \overline{X+Y} &= \overline{X}\cdot\overline{Y} \\ \overline{X\cdot Y} &= \overline{X}+\overline{Y} \end{aligned} \tag{۳.۱۰}$$

ان دو مسائل کو بوولین جدول 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 قطار یکساں ہیں لہٰذا $\overline{X+Y}$ اور $\overline{X}\cdot\overline{Y}$ 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)۔

[۴۷] DeMorgan'slaws

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 بوولین تفاعل حل کرنے میں مددگار ثابت ہوتے ہیں۔ مثال کے طور پر، جدول ۱۲.۳-الف کی پہلی شِق $0 \cdot X = 0$ کا متمم لیتے ہیں۔

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

بائیں ہاتھ ڈی مارگن کا دوسرا مسئلہ لاگو کرتے ہیں۔

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

مزید، چونکہ 0 کا متمم 1 ہے، یعنی $\overline{0} = 1$ ہوگا، لہٰذا درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

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

اس مساوات میں $\overline{X}$ کو بوولین متغیرہ Z تصور کیا جا سکتا ہے۔ ہوں درج ذیل حاصل ہوگا۔

$$1 + Z = 1$$

اس کا جدول ۱۲.۳-ب کی شِق 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۔

$$(0 \cdot X = 0) \Leftrightarrow (1 + X = 1) \qquad \text{(مماثلہ)}$$

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

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

بائیں ہاتھ ڈی مارگن کا پہلا مسئلہ لاگو کرتے ہیں۔

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

اب $\overline{1}$ کی جگہ 0 ڈالتے ہیں۔

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

یہ مساوات کسی بھی متغیرہ $\overline{X}$ کے لیے درست ہے۔اس متغیرہ کو ہم Z بھی پکار سکتے ہیں۔ایسا کرنے سے درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$0 \cdot Z = 0$$

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

مثال ۳.۱۲: 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 پُر کرتے ہیں۔

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

متغیرہ $\overline{X}$ کو نیے نام Z سے پکارتے ہیں۔

$$0 + Z = Z$$

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

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

مثال ۳.۱۳: بوولین تفاعل $(X \cdot Y) \cdot Z = X \cdot (Y \cdot Z)$ کا مماثلہ ڈی مارگن کے قانون لاگو کر کے حاصل کریں۔

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

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

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

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

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

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، لہٰذا درج ذیل لکھا جائے گا، جو متغیرات کے نام مختلف ہونے کے علاوہ، جدول ۳.۱۲-ب کی شِق 6 ہے۔

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

□

۳.۹ جڑواں بوولین تفاعل

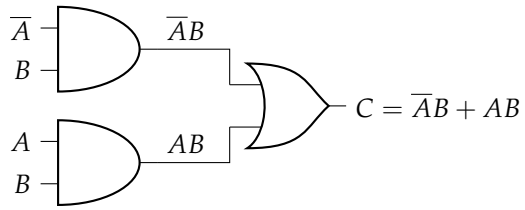
گزشتہ حصہ میں دیکھا گیا کہ بوولین تفاعل کے دو پہلو ہوتے ہیں۔ یوں کسی بوولین تفاعل کو ثابت کرتے ہی اس کا جڑواں تفاعل فوراً لکھا جا سکتا ہے۔ جدول ۳.۱۲-الف اور ب میں اس طرح کے جڑواں بوولین تفاعل پیش کیے گئے ہیں۔ ان جدول میں آخری شِق کے علاوہ ہر شِق ایک تفاعل کے دو پہلو پیش کرتا ہے۔ مثلاً، جدول-الف کی شِق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

۳.۱۰ ارکان ضرب کے مجموعہ کی ترکیب

منطقی مسئلہ کو بوولین تفاعل کی صورت میں لکھنا مندرجہ ذیل مثال سے باآسانی سمجھا جا سکتا 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**[۴۸] کی قطار شامل کریں۔ اس قطار کے ہر خانے میں اسی صف کے آزاد متغیرہ پست



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

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، لہٰذا پہلی صف میں رکن ضرب $\overline{A}\,\overline{B}$ ہو گا۔ دوسری صف میں $A = 0$ اور $B = 1$ ہیں، لہٰذا دوسری صف میں $\overline{A}B$ درج ہو گا۔

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 لیں جن کی صف میں تابع متغیرہ C کی قیمت 1 ہو۔ یہ مجموعہ تابع متغیرہ کے برابر ہو گا۔ اس طرح تفاعل لکھنے کو **ارکان ضرب کے مجموعہ**[۴۹] کی ترکیب کہتے ہیں۔ (اس کو **مجموعہ ارکان ضرب** بھی پکار سکتے ہیں۔) یوں درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$C = \overline{A}B + AB \qquad \text{(ارکان ضرب کا مجموعہ)} \tag{۳.۱۱}$$

مساوات ۳.۱۱ میں حاصل تفاعل 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 صف) اور ایک جمع گیٹ سے حاصل کی جا سکتی ہے (جہاں فرض کیا جاتا ہے کہ، آزاد متغیرات کے ساتھ ان کے متمم بھی میسر ہیں)۔ ایسا دور **ضرب و جمع**[۵۰] کہلائے گا۔

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

---

[۴۸] minterms
[۴۹] sumofproducts,SOP
[۵۰] AND-OR

A	B	C	$\overline{A}$	$\overline{A}B$	AB	$\overline{A}B + AB$
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	$\overline{A}\,\overline{B}$	m_0
0	1	1	$\overline{A}B$	m_1
1	0	0	$A\overline{B}$	m_2
1	1	1	AB	m_3

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

$$\begin{aligned} C &= \overline{A}B + AB \\ &= m_1 + m_3 \\ &= \sum(m_1, m_3) \\ &= \sum(1,3) \end{aligned} \tag{۳.۱۲}$$

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

مثال ۳.۱۴: درج ذیل بوولین جدول سے بوولین 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 متغیرہ 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

اُن ارکان ضرب کا مجموعہ لیتے ہیں جن کی صف میں تابع متغیرہ 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 جا سکتا 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۔

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

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

۳.۱۱ ارکان جمع کی ضرب کی ترکیب

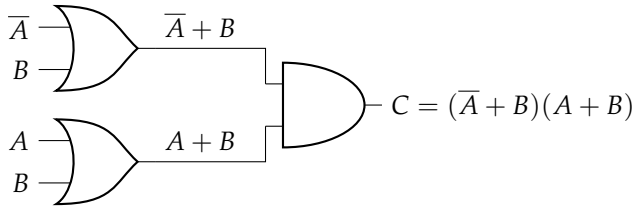
گزشتہ حصہ میں بوولین جدول سے تفاعل کا مساواتی روپ حاصل کیا گیا، جہاں ان صفوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ لیا گیا جن میں تابع متغیرات کی قیمت 1 تھی۔آئیں اب **ارکان جمع**[۵۱] لکھنا اور ان سے تفاعل کی مساوات حاصل کرنا سیکھیں۔

حصہ ۳.۱۰ میں مستمل جدول ۳.۱۳ کو مثال بناتے ہوئے اس میں ارکان ضرب کے 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، لہٰذا پہلی صف میں رکن جمع $A+B$ ہو گا۔دوسری صف میں $A=0$ اور $B=1$ ہیں، لہٰذا دوسری صف میں $A+\overline{B}$ درج ہو گا۔

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

تفاعل کے جدول کے ان تمام ارکان جمع کا حاصل ضرب لیں جن کی صف میں تفاعل کے تابع متغیرہ C کی قیمت 0 ہو۔ یہ حاصل ضرب تابع متغیرہ کے برابر ہو گا۔اس طرح تفاعل لکھنے کو **ارکان جمع کی ضرب**[۵۲] کی ترکیب کہتے ہیں (اس کو **ضرب بعد از جمع** بھی پکار

[۵۱] maxterms
[۵۲] productofsum,POS



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

سکتے ہیں)۔

یوں درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$C=(A+B)(\overline{A}+B) \qquad \text{(ارکان جمع کی ضرب)} \tag{۳.۱۳}$$

ارکان جمع کی ضرب سے حاصل مساوات کو ہر صورت جمع گیٹوں کی ایک قطار (یا صف) اور ایک ضرب گیٹ سے حاصل کیا جا سکتا 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**[۵۳] 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 تفاعل 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	$A+\overline{B}$	M_1
1	0	0	$\overline{A}+B$	M_2
1	1	1	$\overline{A}+\overline{B}$	M_3

یوں مساوات ۳.۱۳ درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

$$C=(A+B)(\overline{A}+B)=M_0M_2=\prod(M_0,M_2)=\prod(0,2) \tag{۳.۱۴}$$

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

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

---

[۵۳] OR-AND

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

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

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

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

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

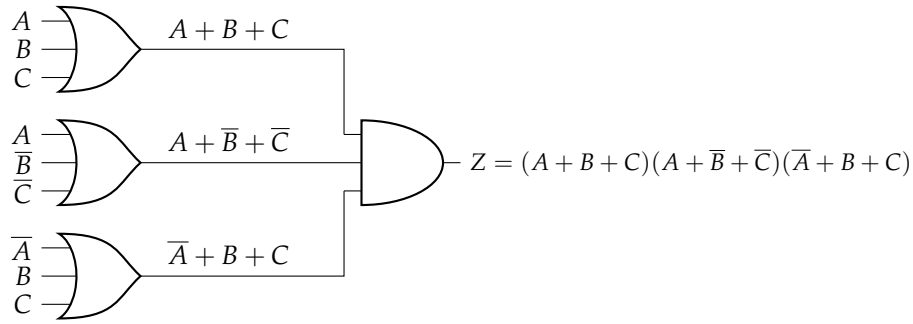
ڈی مارگن کلیات بار بار استعمال کرتے ہوئے درج ذیل حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} C &= \overline{\overline{A}\,\overline{B} + A\,\overline{B}} \\ &= (\overline{\overline{A}\,\overline{B}})(\overline{A\,\overline{B}}) \\ &= (\overline{\overline{A}} + \overline{\overline{B}})(\overline{A} + \overline{\overline{B}}) \\ &= (A + B)(\overline{A} + B) \end{aligned} \tag{۳.۱۵}$$

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

مثال ۳.۱۶: درج ذیل بوولین جدول سے (ا) 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



شکل ۳.۳۲: جمع وضرب دور (مساوات ۳.۱۶)۔

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	$\overline{A}+\overline{B}+\overline{C}$	$A\,B\,C$

(ا) جن صفوں میں تابع متغیرہ Z کی قیمت 0 ہے ان صفوں کے ارکان جمع کی ضرب مطلوبہ نتیجہ ہو گا۔

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

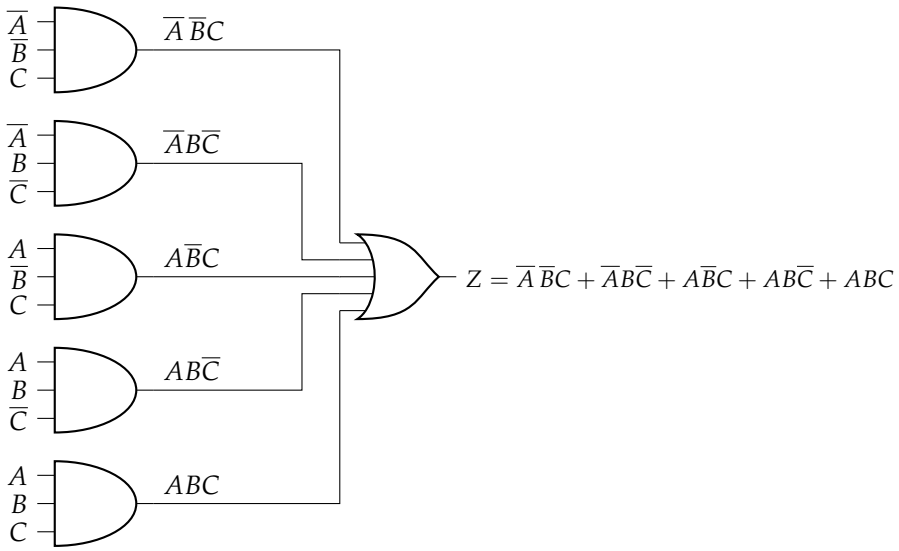
اس کو درج ذیل بھی لکھ سکتے ہیں۔

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

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

$$Z = \overline{A}\,\overline{B}\,C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC \tag{۳.۱۷}$$

اس دور کو شکل ۳.۳۳ میں پیش کیا گیا ہے۔ □



شکل ۳.۳۳: ضرب و جمع دور (مساوات ۳.۱۷)۔

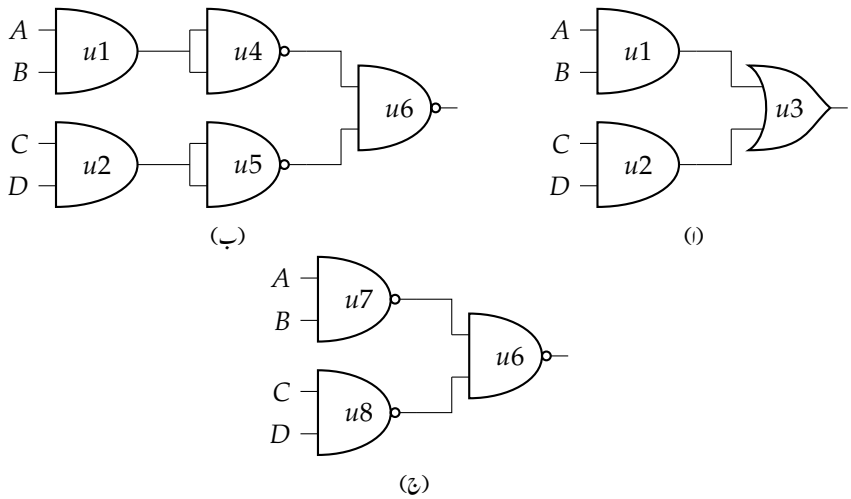
اس مثال میں ایک ہی تفاعل کے دو دوار، شکل ۳.۳۲ اور شکل ۳.۳۳ پیش کیے گئے۔ پہلے دور میں تین جمع اور ایک ضرب گیٹ استعمال ہوا، جبکہ دوسرے میں پانچ ضرب اور ایک جمع گیٹ استعمال ہوا۔ (جیسا ہم ذکر کر چکے ہیں، ارکان جمع کی ضرب سے حاصل دور جمع گیٹوں کی قطار اور ایک ضرب گیٹ سے بنے گا۔ ارکان ضرب کے مجموعہ سے حاصل دور ضرب گیٹوں کی قطار اور ایک جمع گیٹ سے حاصل ہو گا۔) 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 صفرواں، تیسرا اور چوتھا رکن غیر مستعمل رہے۔ ضرب بعد از جمع میں پہلا، دوسرا، پانچواں، چھٹا اور ساتواں رکن جمع غیر مستعمل، جبکہ صفرواں، تیسرا اور چوتھا رکن استعمال ہوا۔ یہ 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۔



شکل ۳.۳۴: ارکان ضرب کے مجموعہ سے متمم ضرب و متمم ضرب دور کا حصول۔

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

کسی بھی بوولین تفاعل کو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں بیان کیا جا سکتا ہے، جس کو ضرب گیٹوں کی قطار اور ایک جمع گیٹ سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۳.۳۴-الف میں تفاعل $AB + CD$ کا مجموعہ ارکان ضرب دور دکھایا گیا ہے۔ جمع گیٹ $u3$ کی جگہ شکل ۳.۲۰-الف کا مساوی دور نصب کرتے ہوئے شکل-ب حاصل ہو گا (جہاں $u3$ کی جگہ $u4$ ، $u5$ اور $u6$ استعمال کیے گئے)۔ شکل ۳.۱۸ میں متمم ضرب گیٹ بطور نفی گیٹ دکھایا گیا ہے۔ یوں ضرب گیٹ (مثلاً $u1$) اور نفی گیٹ (مثلاً $u4$ جس کو نفی گیٹ تصور کرتے ہیں) کی جگہ (شکل ۳.۱۶ دیکھیں) متمم ضرب گیٹ (مثلاً $u7$) استعمال کرتے ہوئے شکل-ج حاصل ہو گا، جو صرف متمم ضرب گیٹوں پر مشتمل ہے؛ یہ **متمم ضرب و متمم ضرب**[۵۴] دور کہلاتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ شکل ۳.۳۴-الف کے ضرب و جمع دور میں تمام گیٹ تبدیل کر کے متمم ضرب گیٹ نصب کرنے سے شکل-ج کا متمم ضرب و متمم ضرب دور حاصل ہو گا۔ 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 ہو گا۔

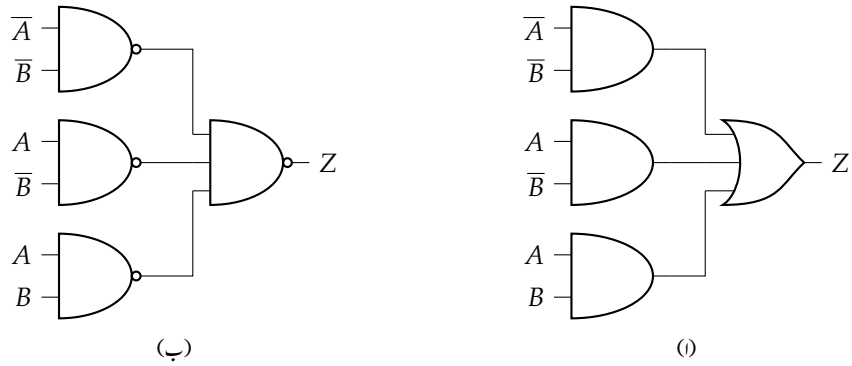
ضرب و جمع دور کی شکل و صورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹوں کی جگہ متمم ضرب گیٹ نصب کرنے سے متمم ضرب و متمم ضرب دور حاصل ہو گا۔

سلیکان کی فی مربع سنٹی میٹر پتری پر بہت بڑی تعداد میں گیٹ بنائے جا سکتے ہیں اور یہ تعداد دن بادن بڑھتی چلی جا رہی ہے۔ سلیکان کی پتری پر ایک ہی قسم کے گیٹ نسبتاً زیادہ آسانی اور بہتر بنائے جا سکتے ہیں۔ یوں کسی بھی تفاعل کو ضرب و جمع کے بجائے متمم ضرب و متمم ضرب دور سے حاصل کرنا زیادہ سود مند ثابت ہو گا۔ اسی وجہ سے وسیع پیمانہ کی مخلوط برقیات میں متمم ضرب گیٹ نہایت مقبول ہیں۔

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

---

[۵۴] NAND-NAND



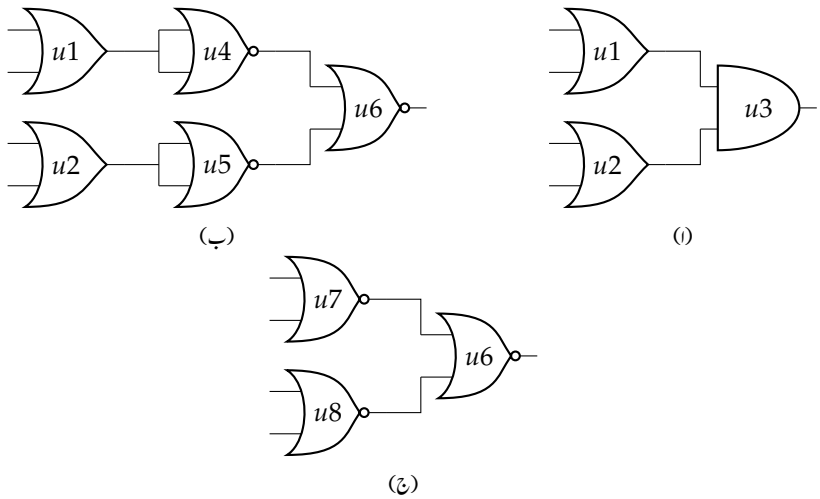
شکل ۳.۳۵: ضرب و جمع سے متمم ضرب و متمم ضرب (مثال ۳.۱۷)۔

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	$A\,B$

یوں $Z = \overline{A}\,\overline{B} + A\overline{B} + AB$ ہو گا، 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 ہو گا جو شکل-ب میں پیش ہے۔ □



شکل ۳.۳۶: جمع وضرب سے متمم جمع و متمم جمع۔

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

تفاعل کے ارکان جمع کی ضرب سے حاصل جمع وضرب دور میں تمام گیٹوں کی جگہ متمم جمع گیٹ نصب کرنے سے تفاعل کا **متمم جمع و متمم جمع**[۵۵] دور حاصل ہو گا۔

شکل ۳.۳۶ میں جمع وضرب دور سے قدم بہ 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 $u4$ ، $u5$ ، $u6$ نصب 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 وضرب دور کی شکل وصورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹ کی جگہ متمم جمع نصب کرنے سے شکل-ج حاصل ہو گا۔ یہ ایک اہم اور عمومی مشاہدہ ہے۔ یاد رہے کہ ضرب ارکان مجموعہ سے حاصل جمع وضرب دور میں جمع گیٹوں کی قطار اور ایک ضرب گیٹ ہو گا۔

جمع وضرب دور کی شکل وصورت تبدیل کیے بغیر تمام گیٹوں کی جگہ متمم جمع گیٹ نصب کرنے سے متمم جمع و متمم جمع دور حاصل ہو گا۔

---

[۵۵] NOR-NOR

جدول ۳.۱۴: تین بِٹ رمز۔

تین بِٹ رمز
000
001
010
011
100
101
110
111

۳.۱۵ علامتی روپ یا رمز

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[۵۶] 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 ہو گا 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۔

قلم و کاغذ سے انسان کسی بھی شکل کی لکیر بنا 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، لہٰذا اس میں رمز بھی 0 اور 1 مختلف ترتیب سے جوڑ کر بنائے جاتے ہیں۔ مثلاً، تین بِٹ استعمال کر کے جدول ۳.۱۴ میں پیش رمز ممکن ہوں گے۔ یوں تین بِٹ استعمال کر کے آٹھ رمز تشکیل دیے جا سکتے ہیں، جنہیں آٹھ مختلف اشیاء یا معلومات کی پہچان کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ تین بِٹ استعمال کرتے ہوئے، اس سے زیادہ رمز ممکن نہیں۔ آٹھ بِٹ میں $2^8 = 256$ رمز ممکن ہیں۔

۳.۱۵.۱ ایسکی رمز اور عالمی رمز

ابتدا میں، کمپیوٹر استعمال کی خاطر لاطینی حروف تہجی اور اعشاری گنتی کے رمز طے کیے گئے۔ ایک بائٹ پر مبنی رمز جو نہایت مقبول ہوئے، **ایسکی رمز**[۵۷] کہلاتے ہیں۔ لاطینی حروف تہجی اور اعشاری ہندسوں کے ایسکی رمز جدول ۳.۱۵ میں پیش کیے گئے ہیں۔ ایسکی رمز میں بڑے حرف A کو 01000001_2 یعنی 41_{16} اور صفر کو 00110000_2 (30_{16}) کے رمز مختص کیے گئے۔ یوں، اس نظام کو استعمال کرتے ہوئے کمپیوٹر A کو 01000001_2 سے، اور صفر کو 00110000_2 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 00000000_2 سے 11111111_2 تک 256_{10} مختلف رمز ہوں گے، جو ایک محدود تعداد ہے۔ جیسے جیسے دنیا کی مختلف زبان بولنے والوں کے ہاں کمپیوٹر کا استعمال رائج ہوا، ایسکی رمز کے (محدود) رمز کم پڑ گئے۔ موجودہ دور میں **عالمی رمز**[۵۸] رائج ہے، جس میں دنیا کی تمام زبانوں (بشمول اردو، پشتو، بلوچی، سندی، پنجابی، وغیرہ) کے حروف تہجی کے رمز موجود ہیں۔ اس نظام میں ہر رمز چار بائٹ کا ہے۔ یہ کتاب عالمی رمز میں تشکیل دی

[۵۶] code
[۵۷] asciicodes
[۵۸] unicode

جدول ۱۵.۳: ایسکی رمز۔

لاطینی حرف یا ہندسہ	ایسکی رمز
A	01000001_2
B	01000010_2
C	01000011_2
D	01000100_2
$\vdots$	$\vdots$
X	01011000_2
Y	01011001_2
Z	01011010_2
a	01100001_2
b	01100010_2
c	01100011_2
$\vdots$	$\vdots$
z	01111010_2
0_{10}	00110000_2
1_{10}	00110001_2
2_{10}	00110010_2
$\vdots$	$\vdots$
8_{10}	00111000_2
9_{10}	00111001_2

جدول ۳.۱۶: اعشاری اعداد کے چار بِٹ ثنائی رموز۔

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

گئی ہے۔اس نظام میں ریاضیات اور سائنس کے دیگر مضامین میں درکار علامتیں بھی ڈھالی جا سکتی ہیں۔امید یہی ہے کہ یہ نظام آنے والے زمانے میں درکار ضروریات پوری کرے گا۔

۳.۱۵.۲ عشری اعداد کے ثنائی رمز

کمپیوٹر کی مادری زبان ثنائی ہے، جبکہ انسان عشری نظام استعمال کرتا ہے۔اعشاری گنتی کے کئی رمز زیر استعمال ہیں، جن میں سے ایک **ثنائی مرموز اعشاریہ**[۵۹] ہے۔اعشاری گنتی کے کل دس رمز ہیں۔جدول ۳.۱۴ میں تین بِٹ رمز دکھائے گئے جو کل آٹھ ہیں۔انہیں استعمال کرتے ہوئے اعشاری گنتی کے دس ہندسوں کو ظاہر نہیں کیا جا سکتا۔اس کے برعکس چار بِٹ کل سولہ رمز دیں گے، جنہیں اعشاری گنتی کے دس ہندسوں کے رموز کے طور پر استعمال کیا جا سکتا ہے۔جدول ۳.۱۶ میں چار بِٹ 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 **ثنائی مرموز عشری** یا **ثنائی مرموز عشری** کہلاتے ہیں۔

۳.۱۵.۳ گرے رمز

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

طبیعی متغیرات کو عددی روپ میں، عموماً، **گرے رموز**[۶۰] میں لکھا جاتا ہے۔اس کی افادیت ایک مثال سے سمجھتے ہیں۔

تصور کریں کہ ایک بڑھتے ہوئے فاصلے کو چار بِٹ کے عام ثنائی نظام میں ناپا جاتا ہے۔یوں 0111_2 کے بعد 1000_2 آئے گا۔اب تصور کریں کسی وجہ سے، اس چار بِٹ ثنائی عدد کا بلند رتبی بِٹ نسبتاً جلدی 0 سے 1 میں تبدیل ہوتا ہو۔یوں ایک لمحہ کے لیے 0111_2 کے بعد 1111_2 پڑھا جائے گا،

---

[۵۹] binarycodeddecimal(BCD)
[۶۰] Graycode

جدول ۳.۱۷: اعشاری اعداد کے چار بٹ گرے رمز۔

اعشاری اعداد	چار بٹ گرے رمز
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

جس کے بعد اصل عدد 1000_2 آجائے گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ایک لمحے کے لیے فاصلہ غلط پڑھا جائے گا، جس سے مسائل کھڑے ہو سکتے ہیں۔ اس کے برعکس اگر گرے رمز استعمال کیا جائے تب 0100 کے بعد 1100 پڑھا جائے گا جو درست قیمت ہے۔

سوالات

سوال ۳.۱: درج ذیل بوولین مساوات کا جدول لکھیں۔

ا. $XYZ + \overline{X}Y\overline{Z}$

ب. $ABC + A\overline{B}C + \overline{A}\,\overline{B}C$

ج. $A(B + \overline{C})$

د. $(A + B)(AB + BC + \overline{C}A)$

ھ. $A\overline{B} + \overline{A}B$

و. $A\overline{B} + B\overline{C}$

جواب:

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

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

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

سوال ۳.۲: تفاعل $AB + C\overline{D}$ کا متمم $\overline{AB + C\overline{D}} = (\overline{A} + \overline{B})(\overline{C} + D)$ ہے۔ درج ذیل کا متمم لکھیں۔

ا. $X + YZ + XY$

ب. $AB(C\overline{D} + \overline{C}D)$

ج. $\overline{A}\,\overline{B} + A\overline{B}$

د. $X\overline{Y}Z + \overline{X}Y$

ھ. $(A + B)(B + C)(C + A)$

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

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

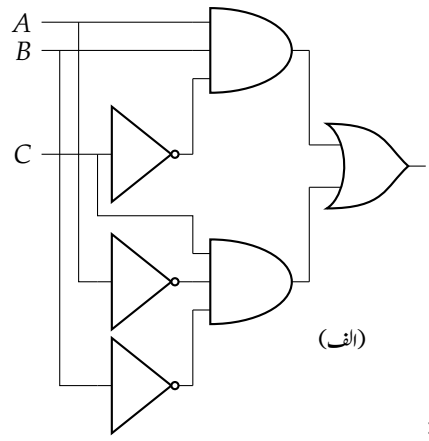
ا. $AB\overline{C} + \overline{A}\,\overline{B}C$

ب. $A + B(A + \overline{C})$

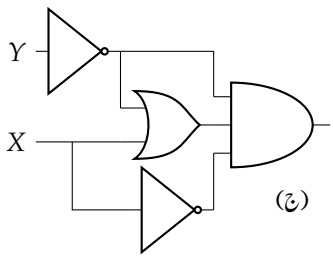
ج. $\overline{X}\,\overline{Y}(X + \overline{Y})$

د. $AB + BC + CA$

ھ. $ABC + \overline{A}B\overline{C} + AB\overline{C}$



(الف)



(ج)

جواب:

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

سوال ۳.۵: بوولین جدول سے درج ذیل ثابت کریں۔

ا. $X\overline{Y} + XY = X$ ب. $X + \overline{X}Y = X + Y$

جواب: درج ذیل جدول کا دایاں اور بایاں قطار ایک سا ہیں لہٰذا جزو-ا ثابت ہوا۔

X	Y	$X\overline{Y} + XY$
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۔

ا. $(A+B)(C+D)$ ج. $(A+B)(A+B+C)(C+B)$

ب. $(A+B)(\overline{B}+C)(A+\overline{C})$ د. $(A+B+C)(\overline{B}+\overline{C})$

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

سوال ۳.۷: (ا) بوولین مماثل استعمال کرتے ہوئے درج ذیل کو ضرب بعد از جمع کی شکل میں لکھیں۔ (ب) ان تفاعل کے جدول لکھ کر یہی جواب حاصل کریں۔ (ج) دیے گئے تفاعل اور حاصل جواب کے جدول لکھ کر جواب کی درستگی ثابت کریں۔

ا. $XYZ + X\overline{Y} + \overline{X}\,\overline{Y}$ ج. $X\overline{Y}(\overline{Y}\,\overline{Z} + YZ)$

ب. $XY + \overline{Z}X$ د. $(A + B\overline{C})(\overline{A}B + \overline{B}A)$

جواب: (ا) $(X+\overline{Y}+Z)(X+\overline{Y}+\overline{Z})(\overline{X}+\overline{Y}+Z)$

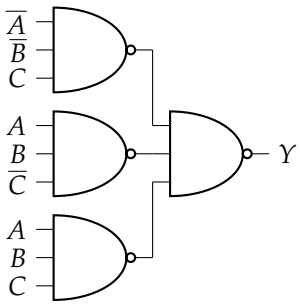
سوال ۳.۸: تفاعل Y درج ذیل صورتوں میں 1 کے برابر ہے۔ اگر $A = 0$ ، $B = 0$ ، اور $C = 1$ ہو یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ، اور $C = 0$ ہو اور یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ، اور $C = 1$ ہو۔ دیگر صورت تفاعل کی قیمت (0) ہے۔ ان معلومات کا جدول لکھ کر تفاعل کی سادہ مساوات مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کریں۔

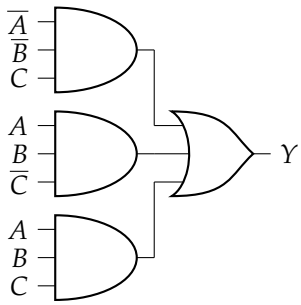
جواب: $Y = \overline{A}\,\overline{B}C + AB\overline{C} + ABC$

سوال ۳.۹: (ا) گزشتہ سوال میں دیے تفاعل Y کا **ضرب و جمع**[۶۱] دور بنائیں۔ (ب) اس تفاعل کا **ضرب متمم و ضرب متمم**[۶۲] دور بنائیں۔ مداخل کے متمم دستیاب ہیں۔

---

[۶۱] AND-OR
[۶۲] NAND-NAND



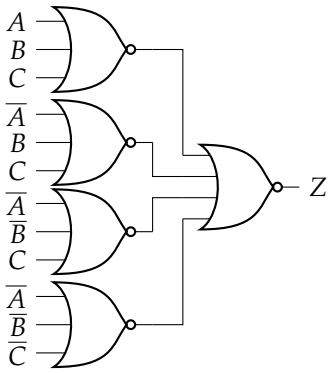


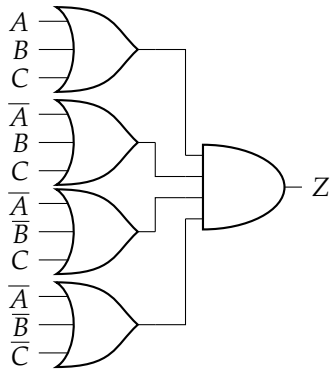
جواب:

سوال ۳.۱۰: تفاعل 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 یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ،اور $C = 0$ ہو اور یا اگر $A = 1$ ، $B = 1$ ،اور $C = 1$ 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۔

جواب: $Z = (A + B + C)(\overline{A} + B + C)(\overline{A} + \overline{B} + C)(\overline{A} + \overline{B} + \overline{C})$

سوال ۳.۱۱: (ا) گزشتہ سوال میں دیے تفاعل Z کا جمع و ضرب دور بنائیں۔(ب) اس تفاعل کا **جمع متمم** و **جمع متمم** [۴۳] دور بنائیں۔مداخل کے متمم دستیاب ہیں۔





جواب:

سوال ۳.۱۲: جدول میں A ، B ،اور C تین آزاد داخلی متغیرات جبکہ F_0 ، F_1 ,اور F_2 تابع خارجی متغیرات ہیں۔

---

[۴۳] NOR-NOR

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

ا. 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 متمم و ضرب متمم ادوار حاصل کریں۔

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

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

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

جواب: (ا) $F_0 = \overline{A}\,\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\,\overline{C}$ ، $F_1 = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\,\overline{C} + ABC$ ، $F_2 = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,\overline{B}C + A\overline{B}\,\overline{C} + A\overline{B}C + ABC$ ؛
(د) $F_0 = (A+B+C)(A+\overline{B}+\overline{C})(\overline{A}+B+\overline{C})(\overline{A}+\overline{B}+C)(\overline{A}+\overline{B}+\overline{C})$

سوال ۳.۱۳: درج ذیل تفاعل مجموعہ ارکان ضرب روپ میں ہیں۔ انہیں ضرب بعد از جمع روپ میں لکھیں۔

ا. $Z(A,B) = \sum(0,1)$

ب. $F(A,B,C) = \sum(1,3,7)$

ج. $F(A,B,C) = \sum(0,5,7)$

د. $Y(A,B,C) = \sum(0,7)$

ھ. $Z(A,B,C,D) = \sum(0,2,5,12)$

جواب: (ا) $Z = \prod(2,3)$ ، (ج) $F = \prod(1,2,3,4,6)$ ، (ھ) $Z = \prod(1,3,4,6,7,8,9,10,11,13,14,15)$

سوال ۳.۱۴: درج ذیل تفاعل ضرب بعد از جمع روپ میں ہیں۔ انہیں مجموعہ ارکان ضرب روپ میں لکھیں۔

ا. $F(A,B) = \prod(1,3)$

ب. $Z(A,B,C) = \prod(0,4,7)$

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

جواب: (ا) $F = \sum(0,2)$ ، (ج) $Z = \sum(2,3,4,6,8,9,10,11,12,14)$

سوال ۳.۱۵: **انٹرنیٹ**[۶۴] سے درج ذیل **معلوماتی صفحات**[۶۵] حاصل کریں۔ یہ مخلوط ادوار پاکستان کے ہر شہر میں نہایت سستے دام دستیاب ہیں۔

ا. 7400 ج. 7408 ھ. 4000 ز. 7404 ط. 4070

ب. 4011 د. 4081 و. 7432 ح. 4049

سوال ۳.۱۶: گزشتہ سوال میں 7400 مخلوط دور کے معلومات صفحات سے دریافت کریں اس میں موجود چار گیٹوں کے مخارج کن پینوں پر دستیاب ہیں۔

جواب: پینے 3 ، 6 ، 8 ،اور 11

سوال ۳.۱۷: انٹرنیٹ سے تین مداخل ضرب گیٹ اور چار مداخل جمع گیٹ کے مخلوط ادوار دریافت کریں۔

---

[۶۴] internet

[۶۵] datasheet

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 جا سکتا ہے۔ عموماً، اس مساوات میں گیٹوں کی تعداد اور فی گیٹ مداخل کی تعداد کم کی جا سکتی ہے۔ کم مداخل کے، کم تعداد گیٹ استعمال کرنے سے عددی دور پر کم لاگت آئے گی۔ تفاعل کی سادہ صورت بوولین منطق سے حاصل کی جا سکتی 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 ہو گا۔

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**[1] 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 مشترکہ خانے میں $x = 0$ اور $y = 1$ ہے۔ اس خانے کے آزاد متغیرات کی ثنائی قیمتوں کو اکٹھے 01 لکھیں۔ یہ خانہ رکن ضرب $\overline{x}y$ کو ظاہر کرتا ہے، لہٰذا اس خانے میں $\overline{x}y$ (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۔

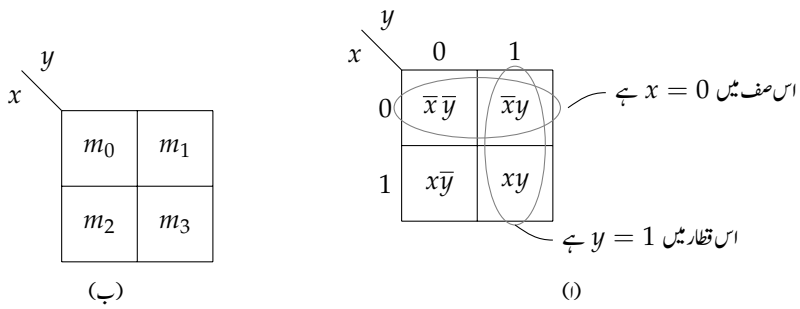
تین آزاد متغیر تفاعل $F(x, y, z)$ کے آٹھ ارکان ضرب ہوں گے۔ انہیں شکل ۴.۲ کے ''کارناف نقشہ'' میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں دو صف اور چار قطار ہیں۔ صفوں کا تعین x کی قیمت، جبکہ قطاروں کا تعین yz کی قیمت کرتی ہے۔ ان قیمتوں کو (ثنائی گنتی کے روپ میں نہیں بلکہ) گرے رمز میں لکھا جاتا ہے۔ یوں، بائیں ہاتھ سے شروع کر کے، پہلی قطار میں yz کی قیمت 00، دوسری میں 01، تیسری میں 11 جبکہ آخری قطار میں 10 ہو گی۔

---

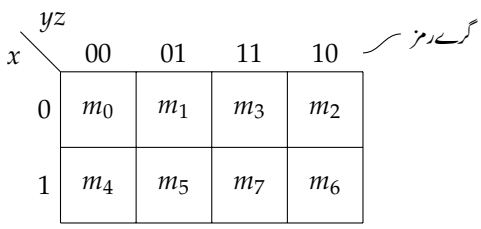
[1] Karnaughmap

جدول ۱.۴: دو متغیر ارکان ضرب۔

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



شکل ۱.۴: دو آزاد متغیر کارناف نقشے کی بنیادی صورت۔



شکل ۲.۴: تین متغیر کارناف نقشے کی بنیادی صورت۔

$wx \backslash yz$	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 کارناف نقشے کی بنیادی صورت۔

چار آزاد متغیر تفاعل $F(w, x, y, z)$ کے سولہ ارکان ضرب ہوں گے، جنہیں چار صف اور چار قطار کے کارناف کے نقشے میں سمویا جا سکتا ہے۔ شکل ۴.۳ میں ایسا کارناف نقشہ دکھایا گیا ہے۔ یہاں صفوں کا تعین 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 کارناف نقشے بناتے ہوئے صفوں اور قطاروں کو "گرے رمز" میں میں رکھا جاتا ہے۔ چار سے زیادہ متغیرات کے کارناف نقشوں کا استعمال نسبتاً پیچیدہ ہوتا ہے، لہٰذا ان سے تفاعل کا سادہ روپ عموماً کمپیوٹر کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

۴.۲ کارناف نقشے کی بھرائی

بوولین جدول سے کارناف نقشے کی بھرائی نہایت آسان اور سیدھا عمل ہے۔ بوولین جدول کی جن صفوں میں تفاعل کی قیمت 1 ہو، ان کے مطابقتی (کارناف نقشہ کے) خانوں میں 1 پُر کریں؛ باقی خانوں میں 0 پُر کریں۔ شکل ۴.۴-الف میں دو آزاد متغیر تفاعل $F = \sum(m_0, m_1)$ کے لیے یہ عمل دکھایا گیا ہے۔ شکل-ج میں تفاعل کا کارناف کا نقشہ پُر کیا ہوا دکھایا گیا ہے۔ تفاعل کو مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں لکھنے سے کارناف نقشہ میں پُر کیے جانے والے خانوں کی نشاندہی ہوتی ہے۔

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

۴.۳ کارناف نقشے سے تفاعل کی سادہ مساوات کا حصول

کارناف نقشے میں قریبی 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 قریبی خانے کہلائیں گے۔ کوئی بھی خانہ (یا خانے) ایک سے زیادہ مربع یا مستطیل کا حصہ بن سکتا ہے (سکتے ہیں)۔

قریبی خانوں میں تفاعل کی قیمت 1 ہونے کی صورت میں، ان خانوں کے ارکان ضرب کا مجموعہ بوولین قوانین سے حل کر کے سادہ ترین رکن ضرب حاصل کیا جا سکتا ہے۔ یہ رکن ان قریبی خانوں کے ارکان ضرب میں مشترک حصے پر مشتمل ہو گا۔

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

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

(ا)

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

(ب)

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

(ج)

شکل ۴.۴: دو متغیر تفاعل کارناف 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

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

(ا)

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

(ب)

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

(ج)

شکل ۵.۴: تین متغیر کارناف نقشے کی بھرائی۔

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

(ا)

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	1	1
x	0	0

(ب)

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	$\overline{x}\,\overline{y}$	$\overline{x}y$
x		

(ج)

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

(د)

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

دو قریبی بلند خانوں (جن میں تفاعل کی قیمت 1 ہو گی، کے ارکان ضرب کے مجموعہ) سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے ایک کم ہو گی۔ اسی طرح، چار بلند قریبی خانوں سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے دو کم ہو گی۔ آٹھ قریبی بلند خانوں سے حاصل، سادہ ترین رکن ضرب میں آزاد متغیرات کی تعداد، تفاعل میں آزاد متغیرات کی تعداد سے چار کم ہو گی۔

قریبی خانے گھیرتے وقت یہ کوشش ہونی چاہئے کہ بڑے سے بڑا مربع یا مستطیل بنے۔ ایسا کرنے سے سادہ ترین رکن ضرب حاصل ہو گا۔ عموماً، قریبی خانوں کو ایک سے زیادہ طریقوں سے گھیرا جا سکتا ہے، جن سے تفاعل کی مختلف سادہ صورتیں حاصل ہوں گی۔

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

۴.۳.۱ دو آزاد متغیر تفاعل

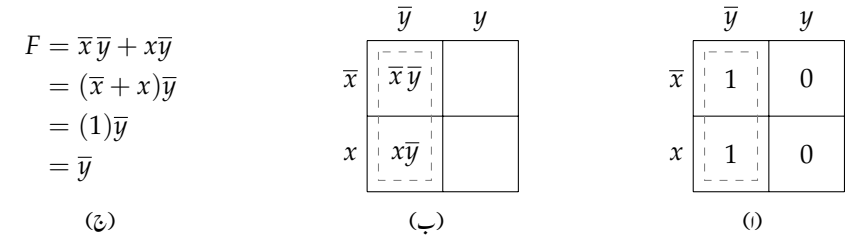
دو متغیر تفاعل کے کارناف نقشہ میں m_0 اور m_1 قریبی خانے ہوں گے۔ اسی طرح m_0 اور m_2 بھی قریبی خانے ہوں گے، جبکہ m_1 اور m_2 قریبی خانے نہیں ہوں گے۔

شکل ۴.۶ میں دو متغیر تفاعل اور اس کا کارناف نقشہ دیا گیا ہے۔ کارناف نقشے میں خانوں سے اوپر، متغیر y کی ممکن قیمتوں 0 اور 1 کے بجائے بالترتیب $\overline{y}$ 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 خانوں کے بائیں جانب $\overline{x}$ اور x لکھا گیا ہے۔

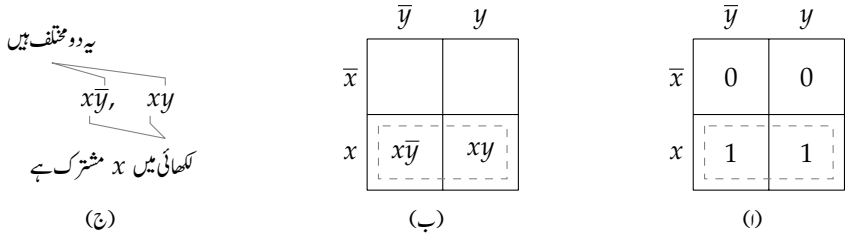
کارناف نقشے کے دو قریبی خانوں میں تفاعل کی قیمت 1 ہے، جنہیں نقطہ دار مستطیل میں گھیرا گیا ہے۔ شکل-د میں ان خانوں کے ارکان ضرب کے مجموعے کو بوولین قوانین سے حل کر کے سادہ رکن حاصل کیا گیا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ان خانوں کے ارکان ضرب کے مجموعے سے ایک متغیر رکن حاصل ہوتا ہے؛ یعنی دو متغیر تفاعل کی صورت میں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

یہی مساوات، شکل-ج کے کارناف نقشے میں نقطہ دار مستطیل میں گھیرے، دو قریبی خانوں کو دیکھ کر لکھی جا سکتی ہے۔ نقطہ دار مستطیل میں گھیرے دو قریبی خانوں کے ارکان ضرب $\overline{x}\,\overline{y}$ اور $\overline{x}y$ ہیں۔ ان ارکان ضرب میں $\overline{x}$ مشترک ہے، جبکہ ایک رکن میں $\overline{y}$ اور دوسرے میں y ہے۔ یوں، نقطہ دار مستطیل میں گھیرے ارکان ضرب میں وہ حصہ جو مشترک ہو مطلوبہ سادہ رکن ہو گا۔ (غیر مشترک حصہ رد کرنا، شکل-د میں $\overline{y} + y = 1$ کے مترادف ہے۔) چونکہ ان خانوں کے علاوہ تمام خانوں میں 0 ہے لہٰذا یہی رکن تفاعل کی مساوات $(F = \overline{x})$ ہو گی۔

شکل ۴.۷ میں ایک تفاعل کا جدول دیا گیا ہے جس قریبی خانوں کے ارکان ضرب $\overline{x}\,\overline{y}$ اور $x\overline{y}$ میں $\overline{y}$ مشترک ہے۔ چونکہ باقی خانوں میں 0 ہے، لہٰذا اس تفاعل کی سادہ مساوات $F = \overline{y}$ ہو گی۔



شکل ۷.۴: قریبی بلند خانوں سے سادہ رکن ضرب کا حصول۔



شکل ۸.۴: قریبی بلند خانوں سے سادہ رکن ضرب کا حصول۔

شکل ۸.۴ کے تفاعل کے ارکان ضرب $x\overline{y}$ اور xy میں x مشترک ہے (شکل-ج دیکھیں)۔ چونکہ باقی خانوں میں تفاعل کی قیمت 0 ہے لہٰذا تفاعل کے ارکان ضرب کا مجموعہ اسی رکن کے برابر ہو گا۔ یوں اس کی مساوات $F = x$ ہو گی۔

شکل ۹.۴ میں ایک ہی خانے کو دو قریبی خانوں کے ساتھ باری باری جوڑتے ہوئے سادہ مساوات $(F = \overline{x} + \overline{y})$ حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔ آئیں اس مساوات کو بوولین منطق کی مدد سے حاصل کریں۔ مساوات کو ارکان ضرب کا مجموعہ لکھ کر اس کی سادہ روپ اخذ کرتے ہیں:

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

جہاں، دوسرے قدم پر جدول ۱۲.۳-ب کی شِق 4 (صفحہ ۵۳) استعمال کرتے ہوئے $\overline{x}\,\overline{y} = \overline{x}\,\overline{y} + \overline{x}\,\overline{y}$ لکھا گیا۔

شکل ۱۰.۴ میں چار قریبی خانے ایک مستطیل میں گھیرے جا سکتے ہیں۔ ایسی صورت میں تفاعل ہمیشہ بلند (1) رہے گا لہٰذا اس کی مساوات $F = 1$ ہو گی۔

شکل ۱۱.۴ میں قریبی خانے نہیں پائے جاتے، لہٰذا ارکان ضرب کے مجموعہ کو مزید سادہ نہیں بنایا جا سکتا۔ جب بھی کوئی خانہ کسی مستطیل میں شامل نہ ہو، اس کا رکن ضرب جوں کا توں مجموعہ (اور مساوات) میں رہے گا۔

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	$\overline{x}\,\overline{y}$	$\overline{x}y$
x	$x\overline{y}$	

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	1	1
x	1	0

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

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

لہٰذا مساوات $F = \overline{x} + \overline{y}$ ہو گی۔

شکل ۹.۴: قریبی بلند خانوں سے سادہ رکن کا حصول۔

$F = 1$

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	$\overline{x}\,\overline{y}$	$\overline{x}y$
x	$x\overline{y}$	xy

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	1	1
x	1	1

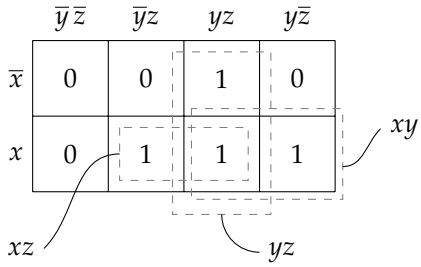
شکل ۱۰.۴: چار قریبی خانوں سے سادہ رکن 1 حاصل ہو گا۔

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

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$		$\overline{x}y$
x	$x\overline{y}$	

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	0	1
x	1	0

شکل ۱۱.۴: قریبی خانے نہیں پائے جاتے۔



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

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

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

مشق ۴.۱: ارکان ضرب کے مجموعہ کی سادہ صورت بوولین قوانین سے حاصل کر کے ثابت کریں کہ شکل ۴.۱۰ میں تفاعل کی سادہ مساوات $F = 1$ ہے۔

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

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

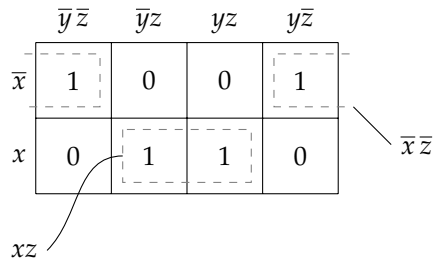
۴.۳.۲ تین متغیر تفاعل

تین متغیر تفاعل اور اس کا کارناف نقشہ شکل ۴.۱۲ میں دکھایا گیا ہے۔ کارناف نقشے میں دو قریبی 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 ہو گا۔ باقی دو مستطیل سے xy اور xz حاصل ہو گا۔ یوں تفاعل کی سادہ مساوات ان کا مجموعہ $(F = xy + yz + xz)$ ہو گا۔

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

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



شکل ۴.۱۳: کارناف نقشے کے اطراف آپس میں ملائیں۔

اس مساوات کو ارکان ضرب کے مجموعہ سے بوولین قوانین کی مدد سے حاصل کر سکتے ہیں (جو آپ کو اگلی مشق میں کرنا ہو گا)۔

$$\begin{aligned} F(x, y, z) &= \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \\ &= \overline{x}yz + x\overline{y}z + xyz + xy\overline{z} && \text{(تفصیلی ارکان ضرب کا مجموعہ)} \\ &= xy + yz + xz && \text{(سادہ ارکان ضرب کا مجموعہ)} \end{aligned} \tag{۴.۱}$$

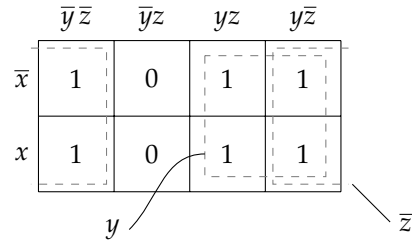
اس مساوات کی دوسری لکیر میں، ارکان ضرب تمام آزاد متغیرات پر مشتمل ہیں۔ اس طرح کے رکن ضرب کو تفصیلی رکن ضرب کہتے ہیں۔ مساوات کی تیسری لکیر کے ارکان ضرب میں، آزاد متغیرات کی تعداد کم ہے۔ اس طرح کے رکن ضرب کو سادہ رکن ضرب کہتے ہیں۔ اس کتاب میں، عموماً، دونوں اقسام رکن ضرب پکارے جائیں گے۔ امید کی جاتی ہے،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

مشق ۴.۳: بوولین الجبرا 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 کارناف نقشے سے سادہ ارکان ضرب حاصل کرنا جانتے ہیں۔

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

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

ان تین متغیر ارکان ضرب کے مجموعے سے دو متغیر رکن ضرب حاصل ہوا۔ یوں m_0 اور m_2 خانوں کو قریبی خانے تصور کرنا ہو گا۔ آئیں اس پر تفصیل سے گفتگو کریں۔



چار کونے

$\overline{x}$	$\overline{y}$	$\overline{z}$
x	$\overline{y}$	$\overline{z}$
$\overline{x}$	y	$\overline{z}$
x	y	$\overline{z}$

شکل ۴.۱۴: چار قریبی خانے۔

کارناف نقشے کے بایاں اور دایاں قطار کے خانوں کو قریبی تصور کریں۔ تصور میں اس کاغذ کو، جس پر کارناف نقشہ بنا ہو، یوں گول کریں کہ کاغذ کا بایاں اور دایاں کنارہ آپس مل جائیں۔ اب پہلی اور آخری قطار کے خانے قریبی ہوں گے۔ اسی طرح، دو سے زیادہ صفوں کی صورت میں، نچلی اور بالائی صف کے خانے قریبی ہوں گے۔ تصور میں کاغذ کو یوں لپیٹیں کہ اس کا نچلا کنارہ بالائی کنارے سے جا ملے۔ یوں ان صفوں کے خانوں کو قریبی تصور کیا جا سکتا 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 خانوں کو مستطیل میں گھیرنے کے بعد، کاغذ کو دوبارہ سیدھا کیا گیا ہے؛ یوں مستطیل دو ٹکڑوں میں نظر آئے گا۔) ان خانوں میں $\overline{x}\,\overline{z}$ 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 $F = \overline{x}\,\overline{z} + xz$ ہو گا۔

شکل ۴.۱۴ میں تین متغیر کارناف نقشہ دیا گیا ہے، جس میں چار قریبی خانوں کے دو مربعے بنائے گئے ہیں۔ آپ کارناف 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 دیے تفاعل کی سادہ مساوات کارناف نقشے سے حاصل کریں۔ اسی مساوات کو بوولین الجبرا کی مدد سے حاصل کریں۔ شکل میں چار کونوں کا مشترک حصہ $(\overline{z})$ دکھایا گیا ہے۔

۴.۳.۳ چار متغیر تفاعل

چار آزاد متغیر تفاعل کے سولہ ارکان ضرب ہوں گے۔ اس کے کارناف نقشے میں قریبی خانوں کو پہچانے کی خاطر نقشے کو ایسی سطح پر بنا ہوا تصور کریں کہ نقشے کی دایاں قطار نقشے کی بائیں قطار سے جڑا ہو۔ اسی طرح نقشے کی بالائی صف اور نچلی صف سے آپس میں جڑے ہوں۔ یوں m_4 خانہ m_6 خانے سے جڑتا ہے، اور m_1 خانہ m_9 خانے سے جڑتا ہے۔

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

	$\overline{y}\,\overline{z}$	$\overline{y}z$	yz	$y\overline{z}$
$\overline{w}\,\overline{x}$	1			1
$\overline{w}x$	1			1
wx	1	1	1	1
$w\overline{x}$	1			1

wx

$\overline{z}$

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

شکل ۴.۱۵: چار متغیر نقشہ (برائے مثال ۴.۱)

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۔

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

□

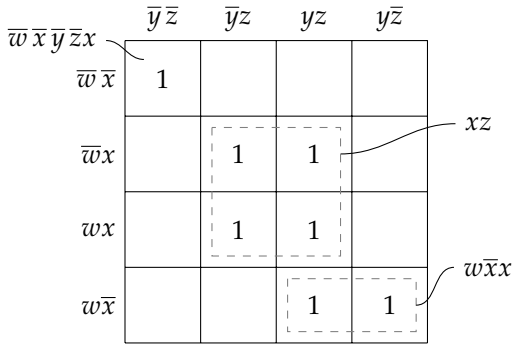
مثال ۴.۲: درج ذیل تفاعلات کی سادہ مساوات حاصل کریں۔

$$F(w,x,y,z) = \sum(m_0, m_5, m_7, m_{10}, m_{11}, m_{13}, m_{15})$$
$$F(w,x,y,z) = \sum(m_0, m_2, m_8, m_{10})$$

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

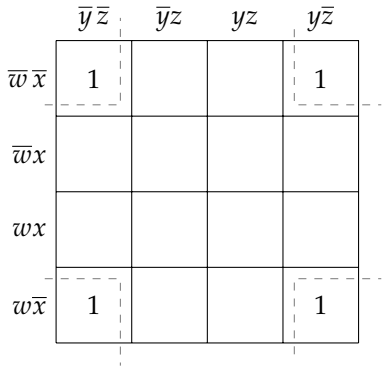
دوسرا تفاعل شکل ۴.۱۶-ب میں پیش کیا گیا ہے، جہاں چار کونوں کو قریبی تصور کریں، جو رکن $\overline{x}\,\overline{z}$ دیں گے۔ یہی اس تفاعل کی سادہ مساوات $F = \overline{x}\,\overline{z}$ ہے۔ □

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



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

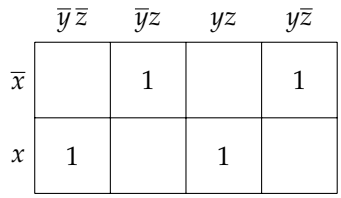
(ا)



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

(ب)

شکل ۴.۱۶: چار متغیر نقشہ (برائے مثال ۴.۲)



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

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

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

حل: شکل ۴.۱۷ میں نقشہ پیش ہے۔ اس میں قریب خانے نہیں پائے جاتے، لہٰذا اس کی مساوات مزید سادہ نہیں بنائی جا سکتی۔ □

۴.۳.۴ سادہ مساوات سے تفاعل کے ارکان ضرب کا حصول

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

	$\overline{y}\,\overline{z}$	$\overline{y}z$	yz	$y\overline{z}$	
$\overline{x}$	1		1	1	$\overline{x}\,\overline{z}$
x			1	1	y

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

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

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

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

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

۴.۴ ضرب بعد از جمع روپ میں سادہ مساوات

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

مثال ۴.۵: مندرجہ ذیل تفاعل کی مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع شکل میں سادہ 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 بوولین کلیات استعمال کر کے) تفاعل کے ارکان جمع کی ضرب کی (درج ذیل) سادہ مساوات حاصل ہو گی۔

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

□

	$\overline{y}\,\overline{z}$	$\overline{y}z$	yz	$y\overline{z}$
$\overline{x}$	0	0	1	1
x	1	1	0	0

$F = \overline{x}y + x\overline{y}$ (ب)

	$\overline{y}\,\overline{z}$	$\overline{y}z$	yz	$y\overline{z}$
$\overline{x}$	1	1	0	0
x	0	0	1	1

$\overline{F} = \overline{x}\,\overline{y} + xy$ (ج)

x	y	z	F	$\overline{F}$
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

(ا)

شکل ۱۹.۴: مجموعہ ارکان ضرب اور ضرب بعد از جمع کی شکل میں سادہ مساوات (مثال ۵.۴)۔

۵.۴ غیر دلچسپ حال

ہم نے اب تک جتنے تفاعل دیکھے، ان میں مداخل کی تمام صورتوں کے مطابقتی مخارج دستیاب اور ضروری تھے۔ بعض اوقات مداخل کی چند قیمتیں ممکن نہیں ہوں گی یا ان کے مطابقتی مخارج استعمال نہیں ہوں گے۔ مداخل کے ان قیمتوں کو **غیر دلچسپ حال**[۲] کہتے ہیں۔

تفاعل کی سادہ مساوات حاصل کرتے وقت، کارناف نقشے کے غیر دلچسپ حال خانوں میں 0 یا 1 کے بجائے d درج کیا جاتا ہے۔ قریبی 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 ۶.۴: 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 ۲۰.۴ میں تفاعل کا بوولین 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 ہو گی (شکل-ب)۔ ضرب بعد از جمع کے روپ میں بھی غیر دلچسپ خانے کی قیمت 1 تصور کرنے سے (زیادہ) سادہ مساوات حاصل ہو گی (شکل-ج)۔ □

[۲] don'tcarestates

x	y	F	$\overline{F}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	d	d
1	1	1	0

(ا)

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	1	0
x	d	1

$F = \overline{y} + x$

(ب)

	$\overline{y}$	y
$\overline{x}$	1	0
x	d	1

$F = x + \overline{y}$

(ج)

شکل ۴.۲۰: غیر دلچسپ حال (مثال ۴.۶)۔

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

$\overline{w}\,\overline{x}$

$w\overline{y}$

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

شکل ۴.۲۱: غیر دلچسپ حالات (مثال ۴.۷)۔

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

$$F(w,x,y,z) = \sum(m_0, m_2, m_8, m_9, m_{12}, m_{13}, m_{15})$$
$$d(w,x,y,z) = \sum(m_1, m_3, m_{11})$$

حل: شکل ۴.۲۱ میں کارناف نقشہ 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۔ کارناف نقشے میں 0 کو نظر پوش کیا گیا ہے۔ تفاعل کی مساوات شکل میں دی گئی ہے۔ □

سوالات

سوال ۴.۱: جدول صداقت میں چار داخلی متغیرات ہیں۔ ابتدائی آٹھ مخارج 0 اور آخری آٹھ 1 ہیں۔ اس کا کارناف نقشہ کھینچیں۔

جدول ۲.۴: تفاعلات کے جدول

(ا)

A	B	C	D	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	1

(ب)

A	B	C	D	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	0	0	1	1
0	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	x	x	x	x
1	0	1	1	x	x	x	x
1	1	0	0	x	x	x	x
1	1	0	1	x	x	x	x
1	1	1	0	x	x	x	x
1	1	1	1	x	x	x	x

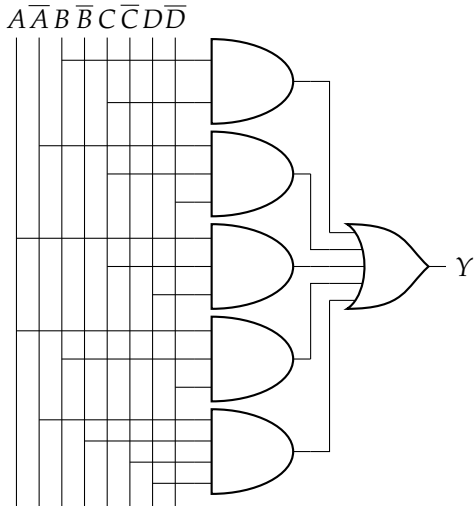
جواب:

AB \ CD	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	1	1	1	1

سوال ۲.۴: جدول ۲.۴-الف کے Y_3 کا کارناف نقشہ بنائیں۔ اس سے سادہ ترین مساوات حاصل کر کے عددی دور تخلیق دیں۔

سوال ۳.۴: جدول ۲.۴-الف کے Y_2 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

جواب:

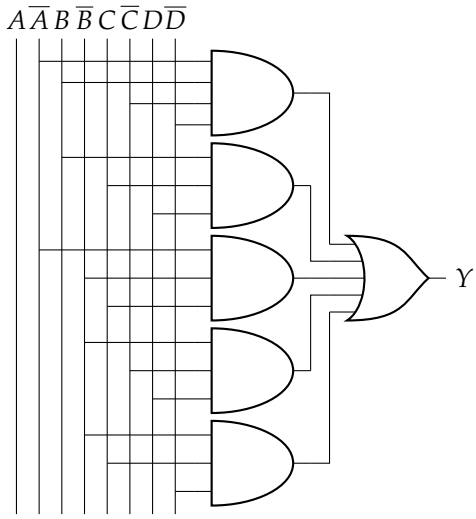


AB \ CD	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	0	1	1
11	1	0	1	1
10	0	0	1	0

سوال ۴.۴: جدول ۴.۲-الف کے Y_1 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

سوال ۴.۵: جدول ۴.۲-الف کے Y_0 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

جواب:

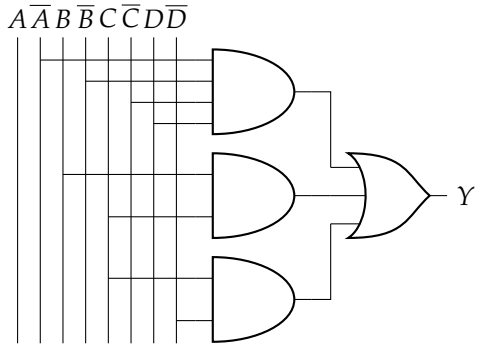


AB \ CD	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	0	1	0
11	0	0	1	0
10	0	1	0	1

سوال ۴.۶: جدول ۴.۲-ب کے Y_3 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

سوال ۴.۷: جدول ۴.۲-ب کے Y_2 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

جواب:

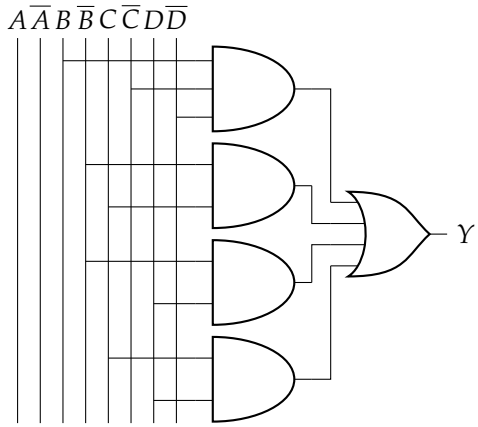


$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	1	0	1
01	0	0	1	1
11	x	x	x	x
10	0	0	x	x

سوال ۸.۴: جدول ۲.۴-ب کے Y_1 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

سوال ۹.۴: جدول ۲.۴-ب کے Y_0 مخارج کا کارناف نقشہ بنا کر سادہ ترین عددی دور تخلیق دیں۔

جواب:



$AB \backslash CD$	00	01	11	10
00	0	1	1	1
01	1	0	1	0
11	x	x	x	x
10	0	1	x	x

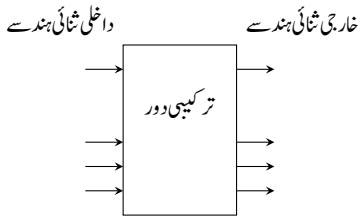
باب ۵

ترکیبی منطق اور ترکیبی ادوار

ترکیبی منطق[1] سے مراد وہ منطق ہے جس میں مخارج موجودہ مداخل پر منحصر ہو؛یعنی، کسی بھی لمحہ پر تفاعل کا مخارج،اُسی لمحہ کے مداخل پر منحصر ہو گا۔ایسے تفاعل کو ترکیبی ادوار سے جامہ عمل پہنایا جاتا ہے، جو ثنائی گیٹ سے حاصل کیے جاتے ہیں۔اس باب میں ترکیبی ادوار پر غور کیا جائے گا۔

اس کے برعکس، **ترتیبی منطق**[2] سے مراد وہ منطق ہے جس میں مخارج موجودہ اور ماضی مداخل پر منحصر ہو؛یعنی، کسی بھی لمحہ پر تفاعل کا مخارج، گزرے اور موجودہ مداخل پر منحصر ہو گا۔ ترتیبی منطق کو ترتیبی ادوار سے جامہ عمل پہنایا جاتا ہے، جن پر اگلے باب میں غور کیا جائے گا۔

کسی بھی ترکیبی دور کو شکل ۵.۱ کی **ڈبہ شکل**[3] سے ظاہر کیا جا سکتا ہے، جہاں مداخل ثنائی ہندسوں (مداخل بِٹ) کو بائیں جبکہ مخارج ثنائی ہندسوں کو دائیں ہاتھ رکھا جاتا ہے۔



شکل ۵.۱: ترکیبی دور کی ڈبہ شکل۔

---

[1] combinationallogic
[2] sequentiallogic
[3] boxdiagram

جدول ۵.۱: دوبِٹ جمع

y	z	c	s
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

۵.۱ ثنائی جمع کار اور ثنائی منفی کار

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

۵.۱.۱ نصف جمع کار

ایک بٹ کی قیمت صرف 0 یا 1 ہو سکتی ہے، لہٰذا دو بٹ جمع کرتے ہوئے درج ذیل چار (ثنائی) صورتیں پیدا ہوں گی۔ (اس باب میں ثنائی ہندسے اور اعداد استعمال ہوں گے؛ زیر نوشت 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 کیے گئے، لہٰذا مداخل کی تعداد دو ہو گی۔ مساوات میں اگرچہ پہلے تین جوابات ایک بٹ ہیں، لیکن آخری جواب دو بٹ ہے۔ یوں، تمام صورتوں سے نپٹنے کی خاطر، جوابات دو بٹ تصور کیے جائیں گے، اور ذیل لکھنا بہتر ہو گا:

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

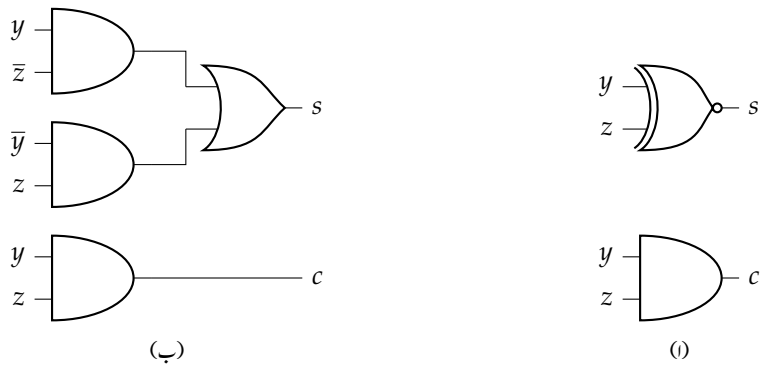
جس سے واضح ہے کہ جواب دو بٹ ہیں۔ یوں، دو بٹ جمع کرنے والے دور کے دو مداخل اور دو مخارج ہوں گے۔

مداخل 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 تفاعلات c اور s کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کرتے ہیں۔

$$
\begin{aligned}
c&=yz\\
s&=\overline{y}z+y\overline{z}
\end{aligned}
\tag{۵.۱}
$$

اِن تفاعلات کے (دو مختلف اقسام کے) ادوار شکل ۵.۲ میں پیش کیے گئے ہیں، جو **نصف جمع کار**[۴] کہلاتے ہیں۔ اس نام کی وضاحت اگلے حصہ میں ہو گی۔

[۴] halfadder



شکل ۵.۲: نصف جمع کار

۵.۱.۲ مکمل جمع کار

آئیں، ایک سے زیادہ بٹ ثنائی اعداد $y = 111_2$ اور $z = 11_2$ کے مجموعے کا حصول دیکھتے ہیں۔

$$\begin{array}{r} 11 \\ 111 \\ +\ 11 \\ \hline 1010 \end{array}$$

پہلے قدم پر کم تر ترتیبی بٹ y_0 اور z_0 کو نصف جمع کار حل کر سکتا ہے، لیکن اگلے قدم پر بٹ y_1 اور z_1 جمع کرتے ہوئے گزشتہ قدم کا **حاصل**[۵] (1) بھی جمع کرنا ہو گا۔

ظاہر ہوا، دو اعداد جمع کرنے کی خاطر ایسا دور درکار ہو گا جو تین بٹ جمع کر سکے۔ آئیں ایسا دور دیکھتے ہیں۔

اس دور کے مداخل x ، y اور z جبکہ مخارج c اور s لیتے ہوئے (جہاں x پچھلے قدم کا حاصل ہو گا) 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 مداخل x ، y ، اور z پر نظر رکھتے ہوئے c کے ارکان ضرب کا مجموعہ لیں۔ شکل ۵.۳ میں کارناف نقشوں سے ان تفاعلات کی (درج ذیل) سادہ مساوات حاصل کی گئی ہیں۔

$$\begin{aligned} c &= xz + xy + yz \\ s &= x \oplus y \oplus z \end{aligned} \tag{۵.۲}$$

---

[۵] carry

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

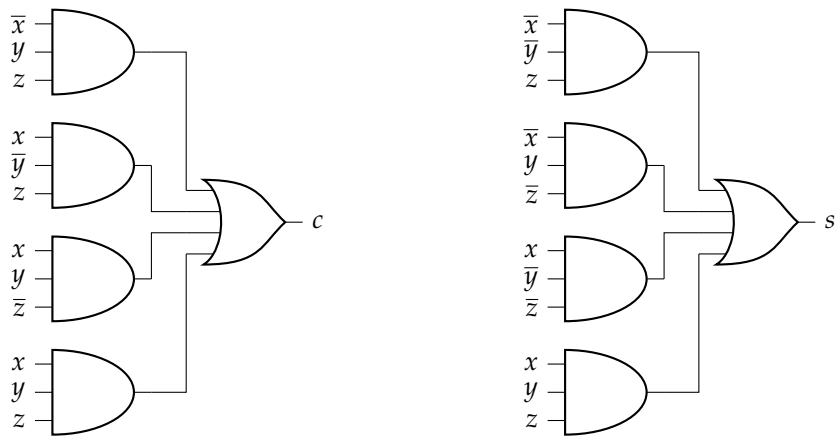
$x \backslash yz$	00	01	11	10
0		1		1
1	1		1	

$s = x \oplus y \oplus z$

$x \backslash yz$	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)

کارناف نقشہ استعمال کیے بغیر جدول ۵.۲ سے ان تفاعلات کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned} c &= \overline{x}yz + x\overline{y}z + xy\overline{z} + xyz \\ s &= \overline{x}\,\overline{y}z + \overline{x}y\overline{z} + x\overline{y}\,\overline{z} + xyz \end{aligned} \tag{۵.۳}$$

انہیں شکل ۵.۴ میں عملی جامہ پہنایا گیا ہے۔

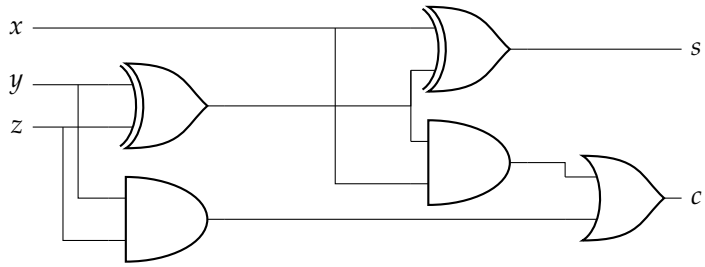
درج بالا پہلی مساوات کے درمیانے دو اجزاء کا مجموعہ $x(\overline{y}z + y\overline{z})$ جبکہ باقی اجزاء کا $(\overline{x} + x)yz$ ہے، لہٰذا c کے لیے درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} c &= (\overline{x} + x)yz + x(\overline{y}z + y\overline{z}) \\ &= yz + x(y \oplus z) \end{aligned}$$

اس کو مساوات ۵.۲ میں پیش s کے ساتھ اکٹھا لکھتے ہیں۔

$$\left.\begin{aligned} c &= yz + x(y \oplus z) \\ s &= x \oplus y \oplus z \end{aligned}\right\} \quad \text{مکمل جمع کار کی بہتر مساوات} \tag{۵.۴}$$

ان تفاعلات کو شکل ۵.۵ میں پیش کیا گیا ہے، جو شکل ۵.۴ سے بہتر (چھوٹا) ہے۔



شکل ۵.۵: مکمل جمع کار کا بہتر دور (مساوات ۵.۴)

مساوات ۵.۴ میں دیے s سے ارکان ضرب کا مجموعہ حاصل کرتے ہیں۔

$$
\begin{aligned}
s &= x \oplus (y \oplus z) \\
&= x \oplus (y\overline{z} + \overline{y}z) \\
&= x(\overline{y\overline{z} + \overline{y}z}) + \overline{x}(y\overline{z} + \overline{y}z) \\
&= x(\overline{y\overline{z}})(\overline{\overline{y}z}) + \overline{x}(y\overline{z} + \overline{y}z) \\
&= x(\overline{y} + z)(y + \overline{z}) + \overline{x}(y\overline{z} + \overline{y}z) \\
&= x(yz + \overline{y}\,\overline{z}) + \overline{x}(y\overline{z} + \overline{y}z) \\
&= xyz + x\overline{y}\,\overline{z} + \overline{x}y\overline{z} + \overline{x}\,\overline{y}z
\end{aligned}
$$

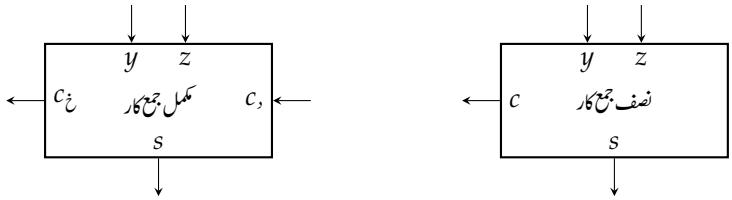
شکل ۵.۵ **مکمل جمع کار**[۶] کہلاتا ہے، لہٰذا شکل ۵.۲ کو **نصف جمع کار**[۷] کہیں گے۔

جدول ۵.۲ میں y اور z ثنائی 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 **داخلی حاصل**[۸] کو $c_{\text{د}}$ جبکہ اس قدم کے **خارجی حاصل**[۹] کو $c_{\text{خ}}$ سے ظاہر کیا گیا۔

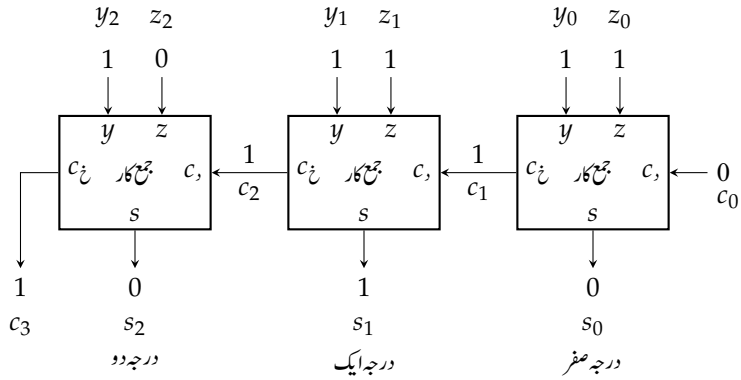
آئیں $y = 111_2$ اور $z = 11_2$ کا مجموعہ مکمل جمع کار کی مدد سے حاصل کریں۔ سب سے پہلے دونوں اعداد کو تین ثنائی ہندسوں میں لکھیں، لہٰذا $z = 011_2$ ہو گا۔ شکل ۵.۷ میں مطلوبہ تین درجی، تین بِٹ جمع کار پیش کیا گیا ہے، جہاں مکمل جمع کار کو مختصراً ''جمع کار'' کہا گیا ہے۔ ثنائی عدد $y = 111 = y_2y_1y_0$ اور $z = 011 = z_2z_1z_0$ ہیں۔ یوں کم رتبی بِٹ کے مکمل جمع کار کو دونوں اعداد کے کم رتبی ہندسے، $y_0 = 1$ اور $z_0 = 1$، فراہم کیے جائیں گے، اور ساتھ ہی چونکہ پہلے قدم میں کوئی ''داخلی حاصل'' نہیں ہو گا لہٰذا داخلی حاصل $c_0 = 0$ فراہم کیا جائے گا۔ اگلے قدم میں جمع کار کو $y_1 = 1$ اور $z = 1$ کے ساتھ پہلے قدم کا حاصل c_1 بطور داخلی حاصل، فراہم کیا جائے گا، جبکہ آخری جمع کار کو $y_2 = 1$ اور $z_2 = 0$ کے ساتھ گزشتہ قدم کا حاصل c_2 فراہم کیا جائے گا۔ تین بِٹ جمع کار، ان اعداد کا مجموعہ $c_3s_2s_1s_0 = 1010_2$ دے گا۔

---

[۶] fulladder
[۷] halfadder
[۸] carryin
[۹] carryout



شکل ۵.۶: نصف جمع کار اور مکمل جمع کار کی علامتیں۔



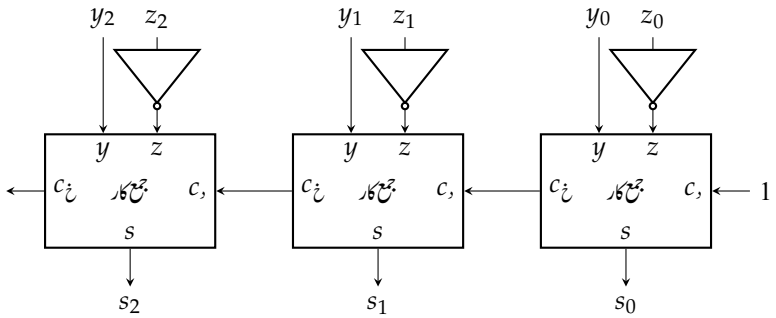
شکل ۵.۷: تین درجی، تین بِٹ جمع کار

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111 \\ +\,011 \\ \hline 1010 \end{array}$$

شکل ۵.۷ میں چونکہ درجہ صفر کا داخلی حاصل ہمیشہ 0 ہو گا لہٰذا یہاں مکمل جمع کار کے بجائے نصف جمع کار بھی استعمال کیا جا سکتا تھا۔ ایسا کرتے ہوئے c_0 فراہم کرنے کی ضرورت نہیں ہو گی۔

زیادہ بِٹ اعداد کے مجموعہ کے لیے شکل ۵.۷ میں بائیں جانب مزید مکمل جمع کار کا اضافہ کیا جائے گا۔ یوں 8 بِٹ (یعنی ایک بائٹ) اعداد کا مجموعہ آٹھ درجی جمع کار دے گا، جو 8 مکمل جمع کار پر مشتمل ہو گا، جبکہ 64 بِٹ اعداد کے مجموعہ کے لیے 64 مکمل جمع کار پر مشتمل 64 بِٹ جمع کار درکار ہو گا۔

مشق ۵.۱: مخلوط دور 74283 چار بِٹ مکمل جمع کار ہے (صفحہ ۴۷ پر مخلوط ادوار کے سلسلہ $74xxx$ کے بارے میں دوبارہ پڑھیں)۔ اس کے معلوماتی



شکل ۵.۸: تین درجی، تین بِٹ منفی کار

صفحات انٹرنیٹ [10] سے حاصل کریں۔ اس مخلوط دور کو استعمال کرتے ہوئے 8 بٹ کے دو ثنائی اعداد جمع کریں۔

۵.۱.۳ منفی کار

ثنائی اعداد کو کمپیوٹر دو کے تکملہ کی مدد سے منفی کرتا ہے۔ دو کا تکملہ استعمال کرتے ہوئے ثنائی اعداد منفی کرنے کے عمل پر دوبارہ نظر ڈالتے ہیں۔ یاد رہے، بلند تر رتبی بِٹ کی جمع سے پیدا، آخری حاصل ضائع کیا جاتا ہے، جبکہ اس کی غیر موجودگی میں نتیجے کا دو کا تکملہ لیا جاتا ہے۔

ثنائی عدد کے اساس منفی ایک تکملہ (یا متمم) کے ساتھ 1 جمع کرنے سے عدد کا اساسی تکملہ حاصل ہو گا۔ عدد کا متمم حاصل کرنے کی خاطر عدد کے ہر بِٹ کا متمم لیا جاتا ہے۔ بِٹ کا متمم بذریعہ نفی گیٹ لیا جا سکتا ہے۔

تین بِٹ ثنائی اعداد y اور z سے $(y - z)$ حاصل کرنے کے لیے z کے متمم کے ساتھ 1 اور y جمع کرنا ہو گا۔ 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 درجہ صفر کو داخلی حاصل 1 فراہم کیا گیا۔

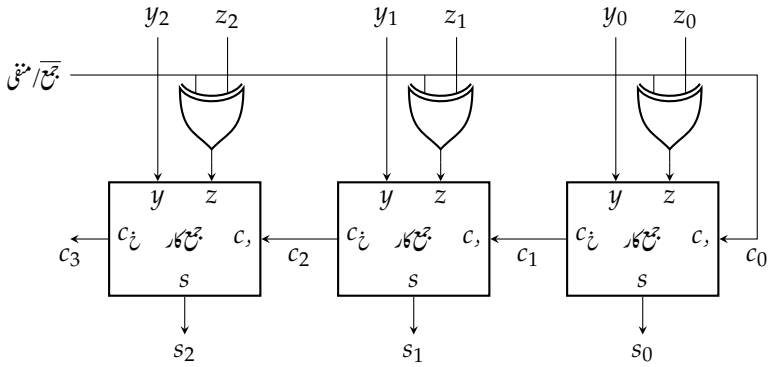
شکل ۵.۷ اور شکل ۵.۸ دونوں میں مکمل جمع کار استعمال ہوئے۔ شکل ۵.۷ کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کر کے اور داخلی حاصل c_0 کو 0 کے بجائے 1 رکھنے سے شکل ۵.۸ حاصل ہو گا۔ جمع اور منفی اعمال ایک ہی دور سے بھی حاصل کیے جا سکتے ہیں۔ ایسا دور جسے **جمع و منفی کار** [11] کہتے ہیں شکل ۵.۹ میں پیش ہے۔

اس شکل میں بلا شرکت جمع گیٹ استعمال کیا گیا، اور قابو اشارہ $\overline{\text{جمع}}$/منفی کا اضافہ کیا گیا۔ اس قابو اشارہ کی کارکردگی پر غور کرتے ہیں۔ جب $\overline{\text{جمع}}$/منفی اشارہ پست (0) ہو بلا شرکت جمع گیٹ عدد z جوں کا توں مکمل جمع کار تک پہنچائے گا، اور ساتھ ہی $c_0 = 0$ ہو گا؛ لہٰذا یہ دور تین بِٹ جمع کار کی حیثیت سے کام کرے گا۔

اس کے برعکس، جب $\overline{\text{جمع}}$/منفی اشارہ بلند (1) ہو بلا شرکت جمع گیٹ عدد z کا متمم $\overline{z}$ مکمل جمع کار تک پہنچائے گا، اور ساتھ ہی $c_0 = 1$ ہو گا؛ لہٰذا یہ دور تین بِٹ منفی کار کی حیثیت سے کام کرے گا۔

---

[10] انٹرنیٹ میں 74283datasheet تلاش کریں۔
[11] adder-subtractor



شکل ۵.۹: تین بِٹ جمع و منفی کار

قابو اشارہ کے نام میں ''منفی'' اور ''،'' لکھ کر یہ واضح کی گیا ہے کہ اشارہ بلند ہونے کی صورت میں منفی کار اور پست ہونے کی صورت میں جمع کار حاصل ہو گا۔

آٹھ بِٹ جمع و منفی کار کو ایک **بائٹ جمع و منفی کار**[۱۲] کہتے ہیں۔ شکل ۵.۱۰ میں ایک بائٹ اور دو بائٹ جمع و منفی کار دکھائے گئے ہیں۔ اس کے بائیں جانب مزید درجات جوڑ کر متعدد بائٹ کا دور بنایا جا سکتا ہے۔ یہاں Y_0 پہلے بائٹ (یعنی بِٹ y_0 تا y_7) کو، Y_1 اگلے بائٹ (یعنی بِٹ y_8 تا y_{14}) کو ظاہر کرتا ہے، جبکہ C_2 سے مراد دوسرے بائٹ کی جمع کا خارجی حاصل ہے۔

۵.۱.۴ عشری جمع کار

جیسا پہلے ذکر ہوا، عشری اعداد کو **شنائی مرموز عشری**[۱۳] 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، لہٰذا اس جمع کار کے جواب $(M+N+c_d)$ کی قیمت $(0+0+0=0)$ تا $(9+9+1=19)$ ہو گی، جنہیں اعشاری، شنائی مرموز اعشاریہ اور شنائی روپ میں جدول ۵.۳ میں پیش کیا گیا ہے۔

جدول میں، چار بِٹ شنائی روپ میں خارجی حاصل کو b_4 ، جبکہ شنائی مرموز 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 بِٹ شنائی جمع کار استعمال ہو اور جواب 0 تا 9 ہو تب یہی جواب بطور شنائی مرموز اعشاریہ جواب قابل قبول ہو گا، البتہ 9 سے بڑے شنائی جواب کو شنائی مرموز اعشاریہ جواب تسلیم نہیں کیا جا سکتا۔ آئیں دیکھتے ہیں ایسی صورت میں کیا کیا جا سکتا ہے۔

یہاں ایک دلچسپ حقیقت پر غور کرتے ہیں۔ ناقابل قبول شنائی جواب کے ساتھ 0110_2 شنائی طور جمع کرنے سے درست شنائی مرموز اعشاریہ جواب حاصل ہو گا۔ مثلاً، 01010_2 کے ساتھ 0110_2 جمع کرنے سے 10000_2 حاصل ہو گا، 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 جا سکتے ہیں۔

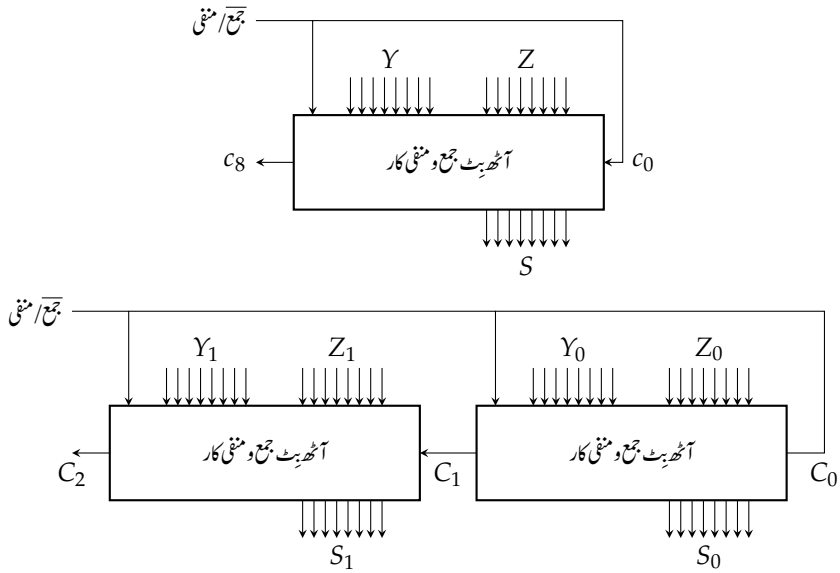
جدول سے واضح ہے کہ جب شنائی جمع کار کے جواب میں خارجی حاصل b_4 بلند ہو، اس جواب کو شنائی مرموز اعشاریہ جواب تسلیم نہیں کیا جا سکتا؛ اس کے علاوہ

---

[۱۲] onebyteadder-subtractor
[۱۳] binarycodeddecimal(BCD)

جدول ۵.۳: عشری جمع کار کے مطلوبہ جواب

شنائی					شنائی مرموز 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



شکل ۵.۱۰: ایک اور دو بائٹ جمع و منفی کار

جب b_3 کے ساتھ b_2 یا b_1 بھی بلند ہو تب بھی جواب کو ثنائی مرموز اعشاریہ تسلیم نہیں کیا جا سکتا۔ ان حقائق کو درج ذیل بوولین مساوات بیان کرتی ہے، جہاں ناقابل قبول جواب کی صورت میں G بلند ہو گا۔

$$G = b_4 + b_3 b_2 + b_3 b_1 \tag{۵.۵}$$

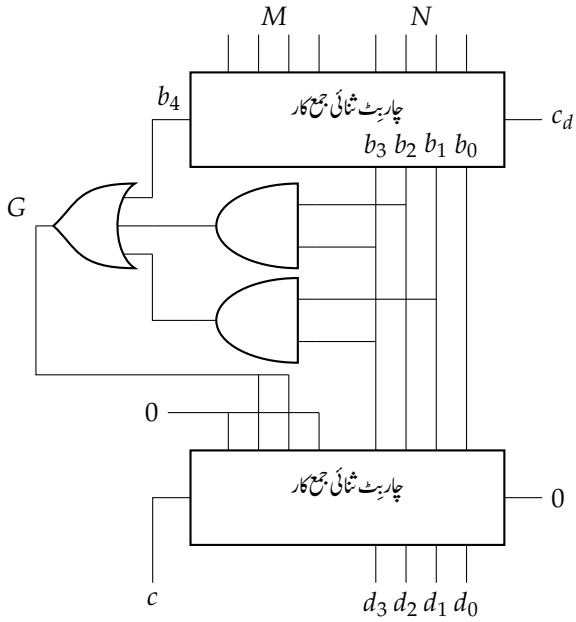
اس حقیقت کو استعمال کرتے ہوئے ثنائی جمع کار کی مدد سے **ثنائی مرموز عشری جمع کار**[۱۴] (مختصراً **عشری جمع کار**) کا حصول شکل ۵.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ اگر G پست ہو تب نچلا جمع کار بالائی جمع کار کے جواب کے ساتھ 0 جمع کر کے اسی جواب کو خارج کرتا ہے، جبکہ G بلند ہونے کی صورت میں ساتھ 0110_2 جمع کر کے درست ثنائی مرموز اعشاریہ خارج کرتا ہے۔

۵.۲ ثنائی ضرب کار

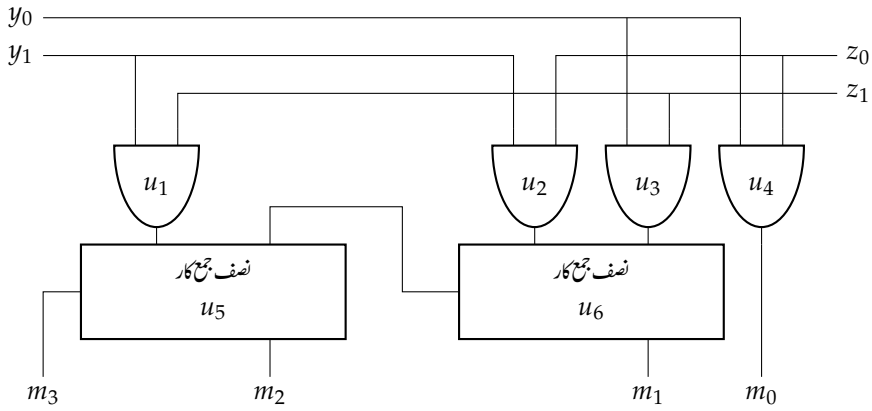
ثنائی ضرب بالکل اعشاری ضرب کی طرح کی جاتی ہے۔ دو بِٹ ثنائی اعداد y اور z کو قلم و کاغذ کی طرز پر ضرب کرتے ہیں۔

$$\begin{array}{cccc}
 & & z_1 & z_0 \\
 & & y_1 & y_0 \\
\hline
 & & y_0 z_1 & y_0 z_0 \\
 & y_1 z_1 & y_1 z_0 & \\
\hline
m_3 & m_2 & m_1 & m_0
\end{array}$$

[۱۴] BCDadder



شکل ۵.۱۱: ثنائی مرموز اعشاریہ روپ میں عشری جمع کار



شکل ۵.۱۲: دو بِٹ ثنائی ضرب کار

اس مساوات سے حاصل دو بِٹ **ثنائی ضرب کار**[۱۵] شکل ۵.۱۲ میں پیش ہے۔ زیادہ بِٹ کے ضرب کار بھی اسی طرح تشکیل دیے جاتے ہیں۔

درج بالا قلم و کاغذ کی طرز پر ضرب میں کمتر بِٹ $m_0 = y_0z_0$ ہے جو شکل میں جمع گیٹ u_4 دیتا ہے۔ اگلا بِٹ m_1 ہے جو y_0z_1 اور y_1z_0 کو جمع کر کے حاصل ہو گا۔ جمع گیٹ u_3 ہمیں y_0z_1 جبکہ u_2 ہمیں y_1z_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_1z_1 (جو گیٹ u_1 سے ملتا ہے) کے ساتھ بایاں نصف جمع کار u_5 ملا کر m_2 اور حاصل m_3 دے گا۔

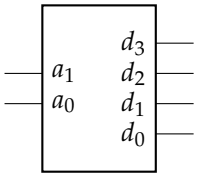
مشق ۵.۲: ثنائی اعداد 11_2 اور 10_0 جمع کرنے کے قدم شکل ۵.۱۲ کے دور میں کرتے ہوئے دکھائیں۔

مشق ۵.۳: انٹرنیٹ سے 74284 مخلوط دور کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ مخلوط دور کیا کام سرانجام دیتا ہے؟

---

[۱۵] binarymultiplier

داخلی بِٹ		خارجی بِٹ			
a_0	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

۵.۳ شناخت کار

دو بِٹ چار علامتوں (2^2) کو ظاہر کر سکتا ہے، جبکہ n بِٹ 2^n علامتوں کو ظاہر کر سکتا ہے۔ ایسا دور جو n مداخل کو دیکھ 2^n منفرد مخارج میں سے ایک چُن سکے **شناخت کار**[۱۶] کہلاتا ہے۔ اگر شناخت کار کے n مداخل 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 بِٹوں کی ہر منفرد ترتیب، خارجی بِٹوں میں سے ایک منفرد بِٹ منتخب کرتی ہے۔ یہاں چنی گئی بِٹ بلند کی گئی ہے، شناخت کار یوں بھی تشکیل دی جا سکتی ہے کہ منتخب بِٹ پست ہو۔

مداخل 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 ہو گا، جس کے ذریعہ ان تک پہنچنا ممکن ہو گا۔ اسی مشابہت سے a کو **پتہ** کے **بٹے** یا **پتہ بٹے**[۱۷] یا صرف **پتہ**[۱۸] کہتے ہیں۔ عددی برقیات میں اس طرح جگہ تعین کرنے والے "پتہ بِٹوں" کا استعمال عام ہے اور انہیں، عموماً، a سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

کسی بھی پتہ کو اعشاری روپ میں لکھیں؛ یہی مقام منتخب ہو گا۔ یوں 101_2 پتہ، مقام 5_{10} یعنی d_5 منتخب کرے گا اور ہم کہیں گے، ہم d_5 سے مخاطب ہیں۔

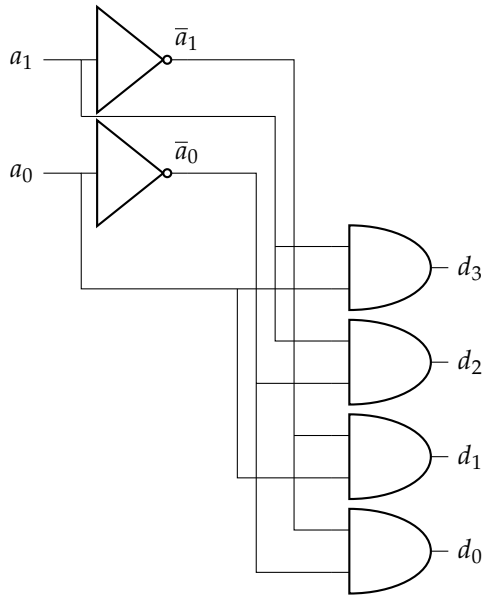
شکل ۵.۱۳ میں دیے جدول کو مخارج کے لیے حل کر کے درج ذیل حاصل ہوں گے۔

$$
\begin{aligned}
d_0 &= \overline{a}_1\overline{a}_0 \\
d_1 &= \overline{a}_1 a_0 \\
d_2 &= a_1\overline{a}_0 \\
d_3 &= a_1 a_0
\end{aligned}
$$

شکل ۵.۱۴ میں ان مساوات سے حاصل دو باچار (2×4) **شناخت کار**[۱۹] پیش ہے، جس کے داخلی بِٹ کی تعداد دو (2)، جبکہ خارجی بِٹ کی تعداد چار (4) ہے۔

---

[۱۶] decoder
[۱۷] addressbits
[۱۸] address
[۱۹] twobyfourdecoder



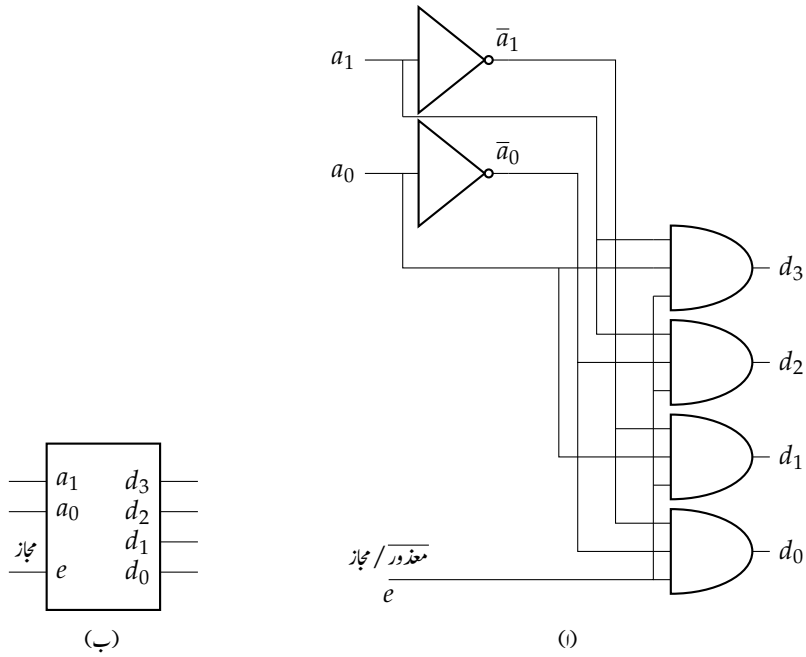
شکل ۵.۱۴: دو باچار شناخت کار

شکل ۵.۱۴ میں پیش شناخت کار کے تمام ضرب گیٹوں کے ساتھ اضافی قابو مداخل جوڑ کر مجاز و معذور صلاحیت کا (2×4) شناخت کار حاصل ہو گا، جو شکل ۵.۱۵ میں پیش ہے۔ شناخت کار، بلند قابو اشارہ (e) کی صورت میں، شناخت کرنے کا **مجاز** ہو گا، پست اشارے کی صورت میں شناخت کار **معذور** ہو گا اور اس کے تمام مخارج پست ہوں گے۔ شکل-ب میں اس کی علامت پیش کی گئی ہے، جہاں قابو اشارہ کو مختصراً ''مجاز'' کہا گیا ہے۔

جدول ۵.۴-الف میں مجاز و معذور صلاحیت کے شناخت کار کی کارکردگی پیش کی گئی ہے۔ اس جدول کو مختصراً جدول-ب کی صورت میں پیش کیا جاتا ہے، جہاں پہلی صف میں قابو اشارہ پست $(e = 0)$ ہے لہٰذا 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 مداخل کا ایسا جدول لکھتے ہیں جس میں مداخل کی ہر ترتیب ایک منفرد مخارج منتخب کرے (جدول ۵.۵ دیکھیں)۔ چونکہ چنا گیا مخارج بلند ہو گا، لہٰذا ایسا شناخت کار، **بلند عمل پیرا**[۲۰] کہلاتا ہے۔ مخارج تفاعلات کی مساوات، مجموعہ ارکان ضرب کی صورت

[۲۰] activehigh



شکل ۵.۱۵: مجاز و معذور صلاحیت کا دو باچار شناخت کار

جدول ۵.۴: مجاز و معذور صلاحیت کا شناخت کار

(ا)

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 باآٹھ 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

میں حاصل کرتے ہیں۔

$$
\begin{aligned}
d_0 &= \overline{a}_2\overline{a}_1\overline{a}_0 \\
d_1 &= \overline{a}_2\overline{a}_1 a_0 \\
d_2 &= \overline{a}_2 a_1\overline{a}_0 \\
d_3 &= \overline{a}_2 a_1 a_0 \\
d_4 &= a_2\,\overline{a}_1\overline{a}_0 \\
d_5 &= a_2\,\overline{a}_1 a_0 \\
d_6 &= a_2\,a_1\,\overline{a}_0 \\
d_7 &= a_2\,a_1\,a_0
\end{aligned}
$$

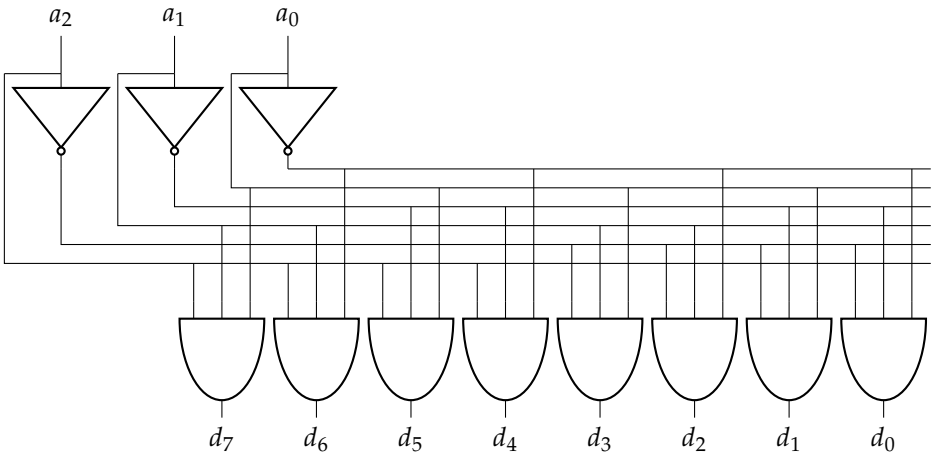
ان تفاعلات سے حاصل، بلند عمل پیرا، تین باآٹھ (3×8) شناخت کار شکل ۵.۱۶ میں پیش ہے۔

اس میں مجاز مداخل کا اضافہ کرنے سے مجاز و معذور صلاحیت، بلند عمل پیرا، تین باآٹھ شناخت کار حاصل ہو گا 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**[۲۱] شناخت کار ہے۔ جدول ۵.۶ میں اس کی کارکردگی پیش کی گئی ہے۔ پہلی صف میں e پست ہے، لہٰذا، شناخت کار معذور ہو گا، اور اس کے تین مداخل a_0 ، a_1 ، اور a_2 کی قیمتیں اہمیت نہیں رکھتی؛ اسی لیے انہیں x لکھا گیا ہے جو 0 یا 1 ہو سکتا ہے۔ یہ (پہلی) صف درحقیقت، $a_2a_1a_0$ کی آٹھ (8) قیمتوں، 000_2 تا 111_2 ، لہٰذا، آٹھ صفوں کو ظاہر کرتی ہے۔

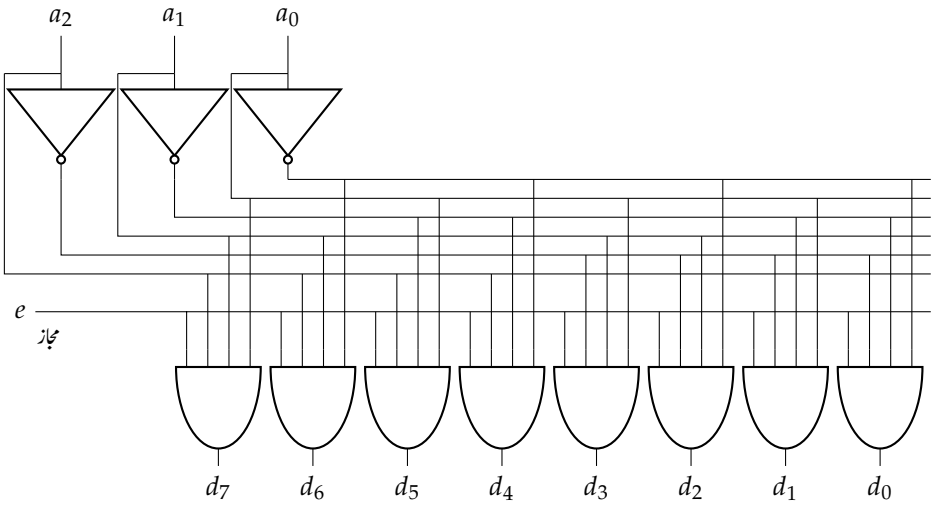
مشق ۵.۴: شکل ۵.۱۷ میں دایاں جمع گیٹ کا مخارج کیا ہے؟ باقی مخارج بھی شکل سے حاصل کریں۔ کیا یہ جدول ۵.۵ پر پورا اترتے ہیں؟

---

[۲۱] activehigh



شکل ۵.۱۶: بلند عمل پیرا، تین با آٹھ (3×8) شناخت کار



شکل ۵.۱۷: بلند مجاز، بلند عمل پیرا، تین با آٹھ شناخت کار

جدول ۵.۶: بلند مجاز، بلند عمل پیرا، تین باآٹھ 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 مجاز، پست عمل پیرا، تین باآٹھ شناخت کار

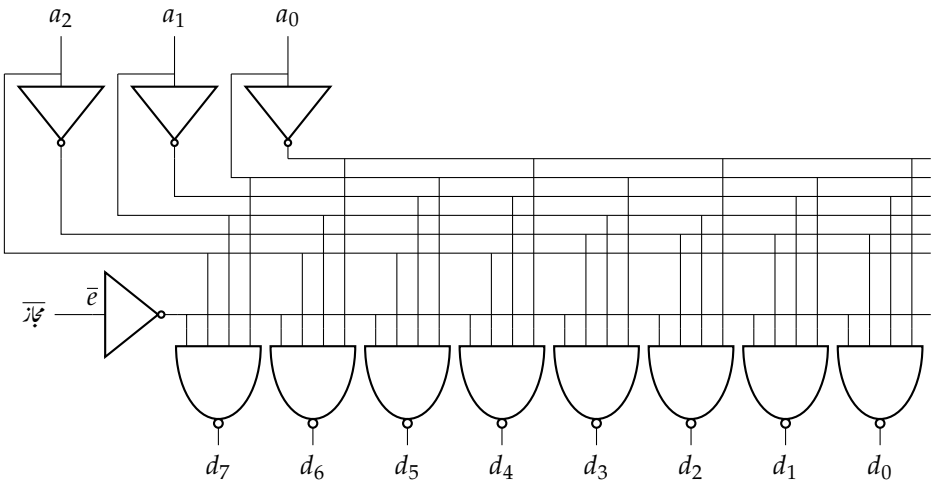
$\overline{e}$	a_2	a_1	a_0	$\overline{y}_7$	$\overline{y}_6$	$\overline{y}_5$	$\overline{y}_4$	$\overline{y}_3$	$\overline{y}_2$	$\overline{y}_1$	$\overline{y}_0$
1	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	1	1	0	1	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

بعض اوقات، ایسے شناخت کار کی ضرورت پیش آتی ہے جس کا چنا گیا مخارج پست ہو۔ ایسا شناخت کار، **پست عمل پیرا**[۲۲] کہلاتا ہے۔ جدول ۵.۷ میں ایسا پست عمل پیرا، تین باآٹھ شناخت کار پیش ہے، جو قابو اشارہ $\overline{\text{مجاز}}$ پست ہونے کی صورت میں کام کرتا ہے؛ ہم کہتے ہیں یہ **پست مجاز شناخت کار**[۲۳] ہے۔ روایتاً، پست عمل پیرا مخارج کو $\overline{y}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے، جہاں بٹ پر ''لکیر'' اس بات کی یاد دہانی کراتی ہے کہ چنا گیا مخارج پست ہو گا۔ قابو 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 قابو اشارہ پست کیا جائے؛ یعنی قابو اشارہ پست عمل پیرا ہے۔ شکل ۵.۱۸ میں اس کا دور پیش ہے، جو شکل ۵.۱۷ میں ضرب گیٹ کی جگہ متمم ضرب گیٹ ڈالنے سے، اور قابو اشارہ کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کرنے سے حاصل ہو گا۔

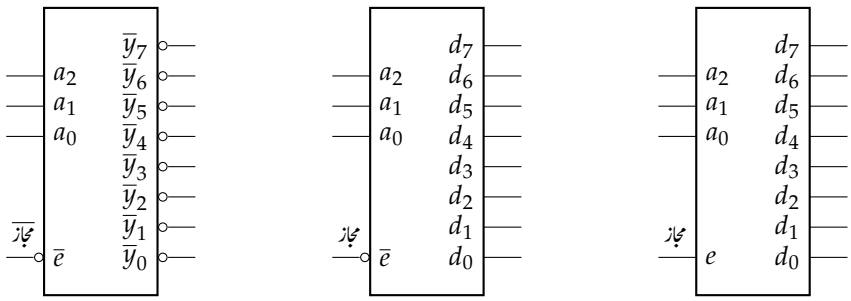
شکل ۵.۱۹ میں تین باآٹھ شناخت کار کی علامتیں پیش ہیں۔ شکل-الف میں بلند مجاز، بلند عمل پیرا، شکل-ب میں پست مجاز، بلند عمل پیرا اور شکل-ج میں پست مجاز، پست عمل پیرا روپ دکھائے گئے ہیں۔ ان علامتوں میں خارجی پنیوں پر گول دائرہ اس بات کی یقین دہانی کراتا ہے کہ منتخب ہونے کی صورت میں یہ بِٹ پست ہو گی۔ اسی طرح قابو بِٹ پر گول دائرہ یاد دہانی کراتا ہے کہ شناخت کار صرف اس صورت مجاز ہو گا جب یہ اشارہ پست ہو۔

---

[۲۲] activelow
[۲۳] activelowdecoder



شکل ۵.۱۸: پست مجاز، پست عمل پیرا، تین باآٹھ شناخت کار



(ا) بلند مجاز، بلند عمل پیرا (ب) پست مجاز، بلند عمل پیرا (ج) پست مجاز، پست عمل پیرا

شکل ۵.۱۹: تین باآٹھ شناخت کار کی مختلف اقسام کی علامتیں۔

جدول ۵.۸: مکمل جمع کار کی 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

مشق ۵.۵: انٹرنیٹ سے 3×8 پست عمل پیرا شاخت کار کے مخلوط دور 74138 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ اس مخلوط دور کا ''دورانیہ رد عمل'' کتنا ہے؟

۵.۴ شاخت کار کی مدد سے تفاعل کا حصول

ہر تفاعل کی مساوات، ارکان ضرب کے مجموعہ کے روپ میں حاصل کی جا سکتی ہے۔ چونکہ شاخت کار تمام ممکنہ ارکان ضرب فراہم کرتا ہے، لہٰذا اس کے ساتھ جمع گیٹ جوڑ کر تفاعل کو عملی جامہ پہنایا جا سکتا ہے۔ ی طریقہ کار ایک مثال کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

مثال ۵.۱: مکمل جمع کار کو شاخت کار کی مدد سے ارکان ضرب استعمال کرتے ہوئے حاصل کریں۔

حل: مکمل جمع کار کی کارکردگی جدول ۵.۸ میں پیش ہے، جہاں بِٹ x_0 اور y_0 کے ساتھ داخلی حاصل c_0 جمع ہو کر s_0 اور خارجی حاصل c_1 پیدا ہو گا۔

اس جدول سے درج ذیل مساوات حاصل ہوتی ہیں۔

$$\begin{aligned} c_1 &= \overline{x}_0 y_0 c_0 + x_0 \overline{y}_0 c_0 + x_0 y_0 \overline{c}_0 + x_0 y_0 c_0 \\ s_0 &= \overline{x}_0\, \overline{y}_0 c_0 + \overline{x}_0 y_0 \overline{c}_0 + x_0 \overline{y}_0\, \overline{c}_0 + x_0 y_0 c_0 \end{aligned} \tag{۵.۶}$$

تین سے آٹھ شاخت کار جدول ۵.۹ میں پیش ہے، جہاں خارجی بِٹ کو مطابقتی ارکان ضرب لکھا گیا ہے۔ یوں درج ذیل ہوں گے۔

جدول ۵.۹: تین باآٹھ شناخت کار ارکان 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

$$
\begin{aligned}
m_7 &= x_0 y_0 c_0 \\
m_6 &= x_0 y_0 \overline{c}_0 \\
m_5 &= x_0 \overline{y}_0 c_0 \\
m_4 &= x_0 \overline{y}_0 \overline{c}_0 \\
m_3 &= \overline{x}_0 y_0 c_0 \\
m_2 &= \overline{x}_0 y_0 \overline{c}_0 \\
m_1 &= \overline{x}_0 \overline{y}_0 c_0 \\
m_0 &= \overline{x}_0 \overline{y}_0 \overline{c}_0
\end{aligned}
\tag{۵.۷}
$$

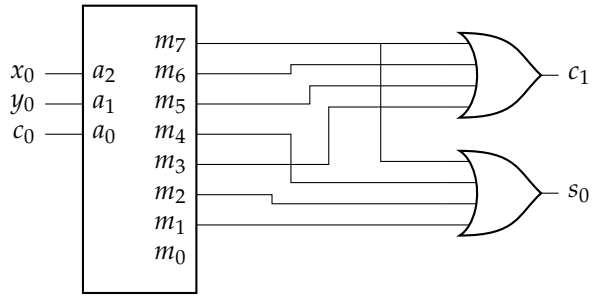
مساوات ۵.۷ کو دیکھتے ہوئے مساوات ۵.۶ درج ذیل لکھی جا سکتی ہیں، جن سے مکمل جمع کار کا شکل ۵.۲۰ حاصل ہو گا۔

$$
\begin{aligned}
c_1 &= m_3 + m_5 + m_6 + m_7 = \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \\
s_0 &= m_1 + m_2 + m_4 + m_7 = \sum(m_1, m_2, m_4, m_7)
\end{aligned}
\tag{۵.۸}
$$

یہ تمام عمل نہایت آسان بنایا جا سکتا ہے اگر جدول ۵.۸ میں ارکان ضرب کا خانہ بنایا جائے (جدول ۵.۱۰ دیکھیں)۔ اس طرز پر جدول لکھ کر تفاعل کی مساوات، ارکان ضرب کے روپ میں حاصل کی جا سکتی ہے۔ اس جدول کو دیکھ کر مطلوبہ جواب فوراً لکھا جا سکتا ہے۔

$$
\begin{aligned}
c_1 &= \sum(m_3, m_5, m_6, m_7) \\
s_0 &= \sum(m_1, m_2, m_4, m_7)
\end{aligned}
$$

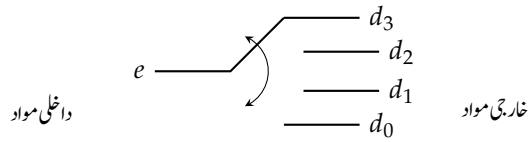
□



شکل ۵.۲۰: شناخت کار کی مدد سے مکمل جمع کار کا حصول

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 سے چار خارجی منتخب کار کا تصور۔

۵.۵ داخلی منتخب کار اور خارجی منتخب کار

ایسا دور جو اکلوتے مداخل پر مہیا شائی مواد کو 2^n مخارج میں کسی بھی ایک پر بھیج سکے ''خارجی منتخب کار'' کہلاتا ہے۔ مطلوبہ مخارج کی نشاندہی n بِٹ پتہ کرتا ہے۔

ایسا دور جو 2^n مداخل میں کسی بھی ایک پر مہیا شائی مواد کو اکلوتے مخارج پر بھیج سکے ''داخلی منتخب کار'' کہلاتا ہے۔ مطلوبہ مداخل کی نشاندہی n بِٹ پتہ کرتا ہے۔

۵.۵.۱ خارجی منتخب کار

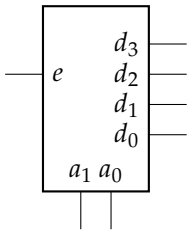
شکل ۵.۲۱ میں **خارجی منتخب کار**[۲۴] کا تصور پیش کیا گیا ہے، جہاں مداخل e پر آمد شائی مواد کو، پیچی سوئچ کے ذریعہ، چار مختلف خارجی راستوں بھیجا جا سکتا ہے۔

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
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

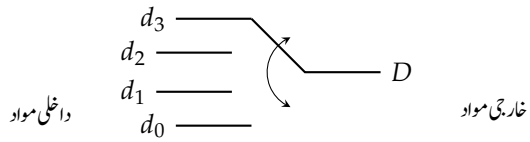
جدول میں a_1a_0 کو دو بِٹ پتہ، e کو داخلی مواد، اور d_0 تا d_3 کو چار مخارج راستے تصور کریں۔ جدول کی پہلی اور پانچویں صف پر نظر رکھیں، جہاں a_1a_0 دو بِٹ پتہ 00 ہے، جو مخارج d_0 منتخب کرے گا۔ پہلی صف میں داخلی مواد 0 جبکہ پانچویں صف میں 1 ہے۔ مخارج d_0 کی مطابقتی قیمتیں یہی ہیں۔ پہلی صف میں d_0 کی قیمت 0 جبکہ پانچویں صف میں اس کی قیمت 1 ہے۔ غیر منتخب مخارج پست رہیں گے۔

[۲۴] demultiplexer



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



شکل ۵.۲۳: چار سے ایک داخلی منتخب کار کا تصور۔

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 مداخل e پر ہے۔

اس جدول میں صفوں کی ترتیب نو کر کے شکل ۵.۲۲ میں پیش جدول کی صورت میں لکھا جا سکتا 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**[۲۵] کا تصور پیش کیا گیا ہے، جہاں چیچی سوئچ کے ذریعہ d_0 تا d_3 میں سے ایک کا مواد مخارج منتقل کیا جا سکتا ہے۔

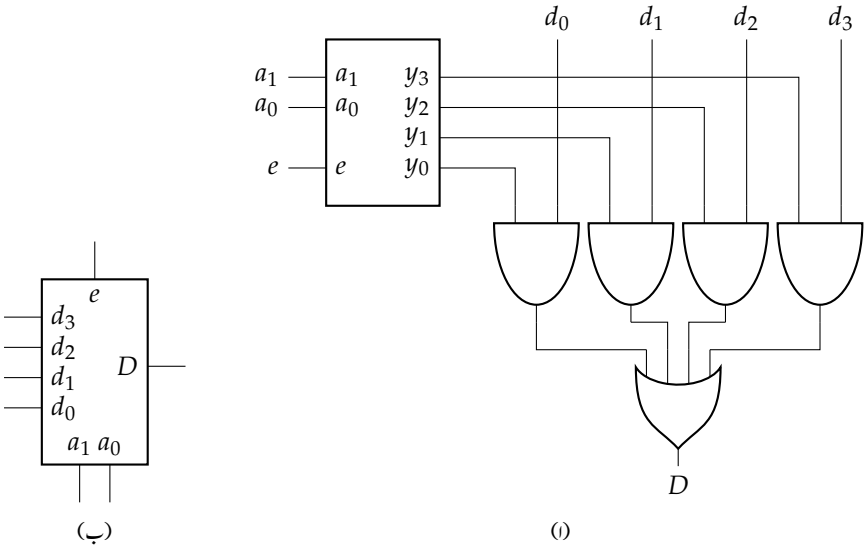
داخلی منتخب کار کو شناخت کار کی مدد سے شکل ۵.۲۴ میں حاصل کیا گیا ہے؛ شکل-ب میں اس کی علامت پیش ہے۔ یہاں مجاز و معذور صلاحیت کا شناخت کار استعمال کر کے مجاز و معذور صلاحیت کا داخلی منتخب کار حاصل کیا گیا۔ ایسا شناخت کار جس میں قابو اشارہ نہ ہو، استعمال کرتے ہوئے حاصل داخلی منتخب کار میں بھی مجاز و معذور قابو اشارہ نہیں ہو گا۔

مجاز 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 بایاں گیٹ d_0 خارج کرے گا۔ یوں جمع گیٹ بھی d_0 خارج کرے گا۔ قابو اشارہ e پست کرنے سے داخلی شناخت کار معذور ہو گا اور 0 خارج کرے گا۔

تسلی کر لیں کہ مجاز حال میں، پتہ کے دوبِٹ a_0 اور a_1 ، چار مداخل d_0 تا d_1 ، میں سے ایک کو منتخب کر کے خارج کرتا ہے۔

---

[۲۵] multiplexer



شکل ۵.۲۴: چار سے ایک (4×1) داخلی منتخب کار۔

مشق ۵.۶: انٹرنیٹ سے 74153 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ مخلوط دور کیا کام سرانجام دیتا ہے؟

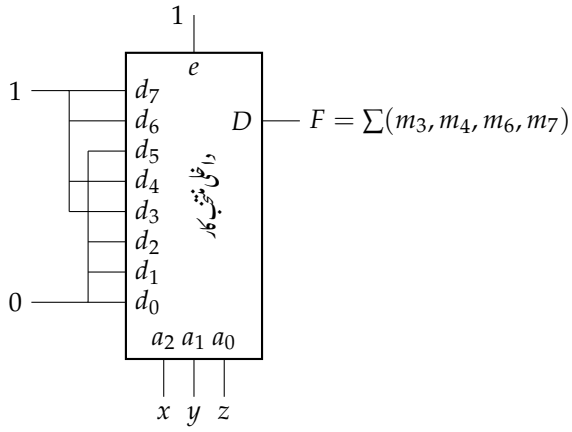
۵.۵.۳ داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول

شناخت کار کے ساتھ جمع گیٹ جوڑ کر مجموعہ ارکان ضرب کے روپ میں تفاعل کا حصول آپ دیکھ چکے۔ داخلی منتخب کار میں شناخت کار اور جمع گیٹ دونوں موجود ہیں (شکل ۵.۲۴ دیکھیں)۔ یوں n پتہ بٹ کا $2^n \times 1$ داخلی منتخب کار سے n آزاد متغیر تفاعل حاصل کیا جا سکتا 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 مداخل 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 ہو گا، جو شکل ۵.۲۵ میں پیش ہے۔ داخلی منتخب کار کو مجاز $(e = 1)$ رکھا گیا ہے۔



x	y	z	F	m
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	1	m_4
1	0	1	0	m_5
1	1	0	1	m_6
1	1	1	1	m_7

شکل ۵.۲۵: داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول (برائے مثال ۵.۲)

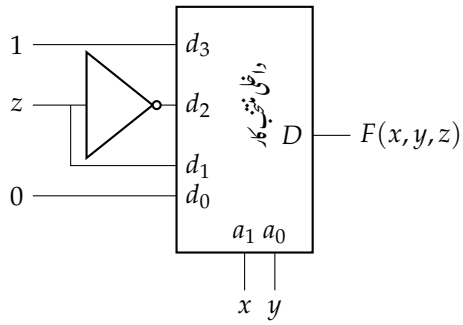
یوں پتہ 000 ، 001 ، 010 ،اور 101 کی صورت میں داخلی منتخب کار بالترتیب d_0 ، d_1 ، d_2 ،اور d_5 پر فراہم مواد خارج کرے گا؛ان تمام کو پست رکھ کر درکار تفاعل کی پست صورت حاصل ہو گی۔اسی طرح پتہ 011 ، 100 ، 110 ،اور 11 کی صورت میں بالترتیب d_3 ، d_4 ، d_6 ، اور d_7 کے مواد خارج ہوں گے؛انہیں بلند رکھ کر تفاعل کی بلند صورت حاصل ہو گی۔کسی ایک لمحہ پر پتہ صرف ایک قیمت رکھ سکتا ہے۔ □

n آزاد متغیر تفاعل، $(n-1)$ پتہ بِٹ کے داخلی منتخب کار سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔یہاں کوئی بھی $(n-1)$ متغیرات بطور داخلی منتخب کار کے پتہ استعمال ہوں گے، جبکہ ایک متغیر بطور مداخل استعمال ہو گا۔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 بِٹ 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) حصہ میں (جہاں $xy = 00$ ہے) تفاعل F کی قیمت بدستور 0 ہے، لہٰذا اس حصہ 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، لہٰذا یہاں $F = z$ لکھا گیا۔ تیسرے حصے ($xy = 10$) میں z اور F کی قیمتیں آپ میں متمم ہیں، لہٰذا یہاں $F = \bar{z}$ لکھا گیا ہے۔آخری حصہ ($xy = 11$) میں تفاعل بدستور بلند ہے، لہٰذا 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 مداخل 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، لہٰذا یہاں متغیر z فراہم کر کے تفاعل کی درست قیمت حاصل کی گئی۔اسی طرح $xy = 10$ کی صورت میں d_2 کا مواد مخارج کیا جائے گا، لہٰذا یہاں $\bar{z}$ فراہم کر کے تفاعل کی درست قیمت حاصل کی گئی،اور آخر میں $xy = 11$ کی صورت میں تفاعل بدستور بلند رہتا ہے، لہٰذا d_3 پر 1 مہیا کیا گیا۔ □



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

شکل ۵.۲۶: داخلی منتخب کار سے تفاعل کا حصول (برائے مثال ۵.۳)

۵.۶ متوازی ثنائی ضرب کار

حسابی اعمال میں ضرب کا کردار کلیدی ہے۔ ثنائی اعداد کی ضرب کا عمل بالکل اعشاری اعداد کی ضرب کی طرح ہے۔ دو بِٹ ثنائی اعداد a اور b کی ضرب درج ذیل ہے، جہاں ان ثنائی اعداد کو a_1a_0 اور b_1b_0 لکھا گیا ہے۔

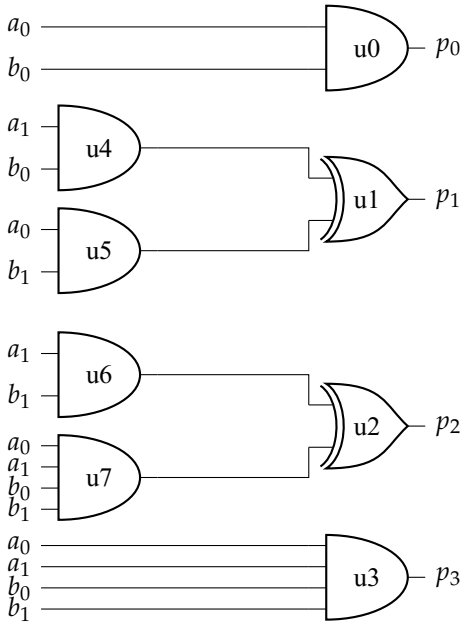
$$
\begin{array}{cccc}
 & & b_1 & b_0 \\
 & & a_1 & a_0 \\
\hline
 & & a_0b_1 & a_0b_0 \\
 & a_1b_1 & a_1b_0 & \\
\hline
p_3 & p_2 & p_1 & p_0
\end{array}
$$

یہاں درج ذیل ہوں گے، جنہیں ثنائی جمع کار کی مساوات ۵.۱ کی مدد سے حاصل کیا گیا، اور جن سے شکل ۵.۲۷ میں پیش، دو بِٹ **متوازی ثنائی ضرب کار**[۲۶] حاصل ہو گا۔

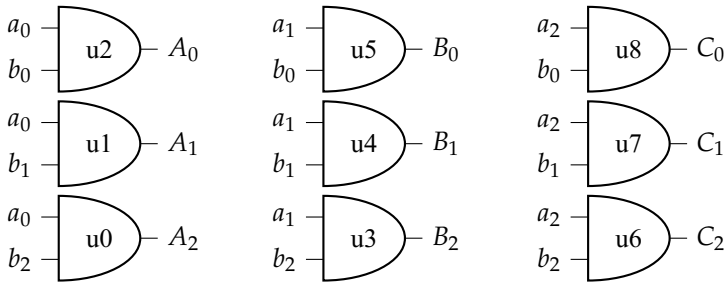
$$
\begin{aligned}
p_0 &= a_0b_0 \\
p_1 &= (a_1b_0) \oplus (a_0b_1) \\
p_2 &= (a_1b_1) \oplus (a_1b_0a_0b_1) \\
p_3 &= a_1b_1a_1b_0a_0b_1 = a_1a_0b_1b_0
\end{aligned}
$$

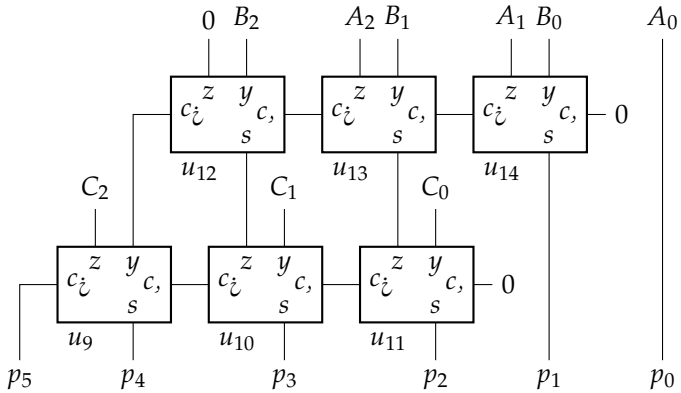
اگرچہ زیادہ بِٹ ضرب کار اس طریقہ کار سے تشکیل دیے جا سکتے ہیں؛ بد قسمتی سے، اعداد کے بِٹ کی تعداد بڑھانے سے ضرب کار میں درکار گیٹوں کی تعداد بہت تیزی سے بڑھتی ہے (محض آٹھ یا سولہ بِٹ ضرب کار میں بھی مستعمل گیٹوں کی تعداد بہت زیادہ ہو گی)، لہٰذا ایسا کرنا مہنگا ثابت ہو گا۔ عموماً زیادہ بِٹ کے ضرب کار مکمل جمع کار کی مدد سے حاصل کیے جاتے ہیں۔ اس طریقہ کو تین بِٹ ثنائی اعداد کی ضرب کو مثال بنا کر سیکھتے ہیں۔

[۲۶] parallelbinarymultiplier



شکل ۵.۲۷: دوبِٹ ثنائی متوازی ضرب کار





شکل ۵.۲۸: تین بِٹ ثنائی ضرب کار

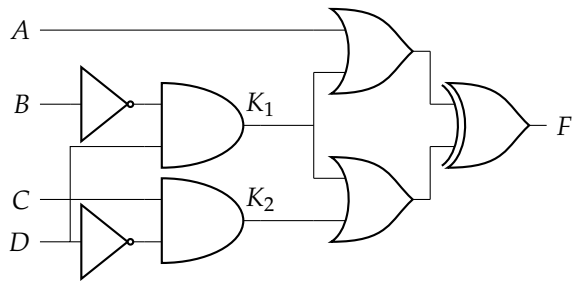
تین بِٹ اعداد $b_2b_1b_0$ اور $a_2a_1a_0$ کی ضرب درج ذیل ہے، جس سے شکل ۵.۲۸ میں پیش تین بِٹ ثنائی ضرب کار حاصل ہو گا۔ اس طریقہ کار سے باآسانی زیادہ بِٹ کے ثنائی ضرب کار بنائے جا سکتے ہیں۔

$$
\begin{array}{cccccc}
 & & & b_2 & b_1 & b_0 \\
 & & & a_2 & a_1 & a_0 \\
\hline
 & & & a_0b_2 & a_0b_1 & a_0b_0 \\
 & & a_1b_2 & a_1b_1 & a_1b_0 & \\
 & a_2b_2 & a_2b_1 & a_2b_0 & & \\
\hline
p_5 & p_4 & p_3 & p_2 & p_1 & p_0
\end{array}
\tag{۵.۹}
$$

اس شکل میں 9 ضرب گیٹ اور 6 مکمل جمع کار مستعمل ہیں۔ ضرب گیٹ u_1 مداخل a_0 اور b_1 کا منطقی ضرب $A_1 = a_0b_1$ دے گا، جو مکمل جمع کار u_{14} کا z مداخل ہے۔ شکل میں u_1 کے مخارج سے u_{14} کے z مداخل 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 مداخل دور دیا گیا ہے۔



ا. اندرونی متغیرات K_1 اور K_2 کی بوولین مساوات حاصل کریں۔

ب. خارجی تابع متغیر F کی بوولین مساوات حاصل کریں۔

ج. ایک بوولین 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 خانے بنا کر پُر کریں۔

جواب: (ا) $K_1 = \overline{B}D$ ، $K_2 = C\overline{D}$ ؛ (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 بوولین جدول بنائیں جس میں تین مداخل اور ایک مخارج ہو۔جدول یوں پُر کریں کہ مخارج کی قیمت صرف اُس صورت ایک (1) ہو جب صرف ایک مداخل کی قیمت صفر (0) ہو۔اس جدول کی مدد سے مخارج 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

$F = \sum(3,5,6)$ ، $F = \prod(0,1,2,4,7)$

سوال ۵.۳: چار مداخل کا ایسا بوولین جدول بنائیں جس میں مخارج صرف اُس صورت بلند ہو جب داخلی ثنائی عدد کی قیمت اعشاری نو (9) سے کم ہو تفاعل کا ترکیبی دور تشکیل دیں۔

جواب: $F = \sum(0,1,2,3,4,5,6,7,8)$

سوال ۵.۴: تین مداخل اور تین مخارج کا ایسا بوولین جدول تشکیل دیں جس میں داخلی ثنائی عدد کی قیمت سات (7) سے کم ہونے کی صورت میں مخارج کی قیمت مداخل سے ایک زیادہ ہو جبکہ داخلی قیمت سات کے برابر ہونے کی صورت میں مخارج 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**[۲۷] ایسے ترکیبی دور کو کہتے ہیں جس کا مداخل اس صورت بلند ہوتا ہے جب اس کے زیادہ تر مداخل پست ہوں۔ تین مداخل 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 خارج کرے۔ اس دور کے چار مداخل اور چار مخارج ہوں گے۔

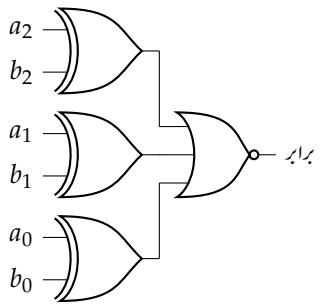
---

[۲۷] minoritycircuit

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

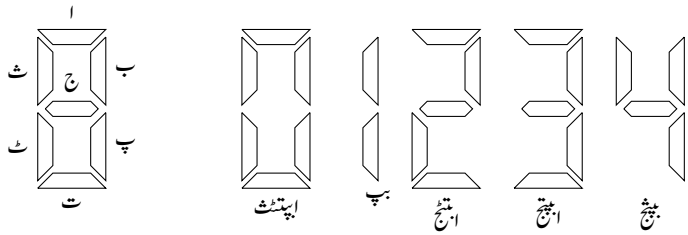
سوال ۵.۷: تین بٹ کے دو اعداد کا موازنہ کرنے والا ایسا ترکیبی دور تشکیل دیں جس کا مخارج اس صورت بلند ہو جب دونوں اعداد کی قیمتیں برابر ہوں۔

جواب:



سوال ۵.۸: چار بٹ کے دو ثنائی اعداد ضرب کرنے والا ترکیبی دور تشکیل دیں۔

سوال ۵.۹: جمع متمم گیٹ استعمال کرتے ہوئے شناخت کار تشکیل دیں۔



شکل ۵.۲۹: سات کلی نمائشی تختی

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 سات **کلی نمائشی تختی**[۲۸] دکھائی گئی ہے جو سات قابل 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 بپ) بیک وقت روشن کرنے سے 1 لکھا جائے گا۔ اسی طرح حصہ ا، ب، پ، ت، ٹ، اور ث (یعنی اپتٹث) بیک وقت روشن کرنے سے 0 لکھا جائے گا۔ فرض کریں کسی حصے کو روشن کرنے کے لیے اس حصہ کو بلند کیا جاتا ہے۔ ایک سے زیادہ سات کلی نمائشی تختی ساتھ ساتھ رکھ کر زیادہ ہندسوں کی نمائش کی جا سکتی ہے۔

چار مداخل اور سات مخارج کا ترکیبی دور تشکیل دیں جو مہیا کردہ اعشاری ہندسے کو اس تختی پر دکھائے (جدول سے شروع کریں)۔ اعشاری ہندسہ ثنائی علامتی روپ میں مہیا کیا جائے گا۔ مخلوط دور 4511 یہی کام سرانجام دیتا ہے۔

جواب:

[۲۸] sevensegmentdisplay

d_3	d_2	d_1	d_0	ج	ث	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

سوال ۵.۱۴: انٹرنیٹ سے سات کلی نمائشی تختی کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ سات نوری ڈایوڈ پر مشتمل ہو گا۔ بعض ادوار میں تمام نوری ڈایوڈ کے منفی سرا ایک ساتھ جوڑ کر مطلوبہ نوری ڈایوڈ کے مثبت سر پر 1 مہیا کر کے روشن کیا جاتا ہے اور بعض میں تمام کے مثبت سر آپس میں جوڑ کر مطلوبہ نوری ڈایوڈ کا منفی سر پست کر کے اسے روشن کیا جاتا ہے۔

باب ٦

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 منطقی نظام**[1] کہتے ہیں۔ اس کتاب میں یہی نظام استعمال ہو گا۔

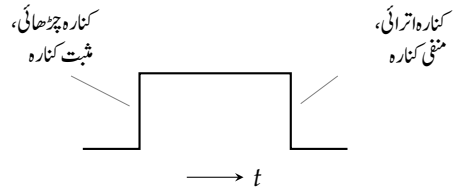
ہم اس کو اُلٹ کر کے 1 کو صفر وولٹ (0 V) اور 0 کو مثبت پانچ وولٹ (5 V) سے ظاہر کر سکتے ہیں، جو **منفی منطقی نظام**[2] کہلاتا ہے۔

اب تک، ہم ثنائی گیٹوں کا مطالعہ کرتے رہے ہیں، جن کا مخارج اُسی لمحہ تبدیل ہو جاتا ہے جس لمحے ان کے مداخل تبدیل ہوں۔ عددی برقیات میں ادوار کی ایک اہم قسم ایسی ہے، جو مداخل تبدیل ہونے کے باوجود، مخارج کو اپنے حال میں برقرار رکھ سکتی ہے۔ اس قسم کے ادوار **پلٹے کار**[3] کہلاتے ہیں، جن کے دو متضاد مخارج ہوں گے۔

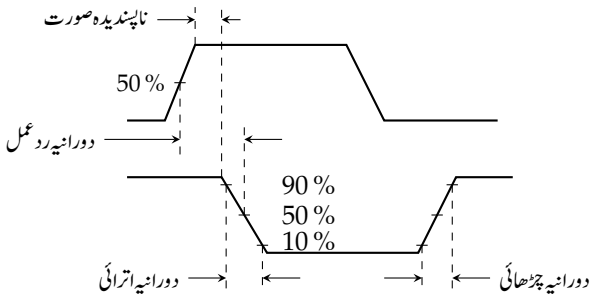
پلٹ کار ایک ثنائی ہندسہ (ایک بٹ) ذخیرہ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے، لہٰذا اس کو **حافظہ**[4] کے طور استعمال کیا جا سکتا ہے۔ پلٹ کار استعمال کرتے ہوئے **گنتے کار**[5]، وغیرہ تشکیل دیے جاتے ہیں۔ اس باب میں پلٹ کار اور اس پر مبنی **معاصر ادوار** پر غور کیا جائے گا۔ معاصر ادوار وہ ادوار ہیں جن کے تمام حصے قدم ملا کر چلتے ہیں۔

---

[1] positivelogicsystem
[2] negativelogicsystem
[3] flipflop
[4] memory
[5] counter



شکل ۶.۱: کنارہ چڑھائی اور کنارہ اترائی



شکل ۶.۲: نفی گیٹ کے دورانیے

۶.۱ گیٹوں کے اوقات کار

ثنائی ادوار کی کارکردگی پر تبصرہ کرنے سے پہلے چند تکنیکی اصطلاحات جاننا ضروری ہے۔ شکل ۶.۱ میں گیٹ کا مخارج بلند ہو کر دوبارہ پست ہوتا دکھایا گیا، جہاں (وقت t کے ساتھ دائیں رخ چلتے ہوئے) پہلے کنارے کو **کنارہ چڑھائی**[۶] یا **مثبت کنارہ**[۷]، جبکہ دوسرے کو **کنارہ اترائی**[۸] یا **منفی کنارہ**[۹] کہا گیا۔ مخارج کا حال یکدم تبدیل ہوتا دکھایا گیا، جو درست نہیں۔

برقیاتی گیٹ نہایت چُست ہوتے ہیں، جو مخارج 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 پنیا سے خارجی پنیے تک، قابل پیما وقت میں پہنچے گا۔ نفی گیٹ مثال بنا کر حقیقی دورانیوں پر غور کرتے ہیں (جو باقی گیٹوں کے لیے بھی درست ہو گا)۔ اشکال پر غور کے دوران یاد رکھیں، وقت بائیں سے دائیں رخ ہو گا، اور تمام معلومات اس حقیقت کو ذہن میں رکھتے ہوئے پیش کی جائیں گی۔

شکل ۶.۲ میں نفی گیٹ کا مداخل (بالائی ترسیم) اور مخارج (نچلی ترسیم) بیک وقت دکھائے گئے ہیں، جہاں دورانیوں کو بڑھا چڑھا کر پیش کیا گیا ہے۔

---

[۶] risingedge
[۷] positivegoingedge
[۸] fallingedge
[۹] negativegoingedge

بلند سے پست حال پہنچنے کے دورانیہ کو **دورانیہ اترائی**[10] اور پست سے بلند پہنچنے کے دورانیہ کو **دورانیہ چڑھائی**[11] کہتے ہیں۔ان دورانیوں کی پیمائش کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔داخلی برقی اشارہ بھی کسی گیٹ سے آتا ہوگا، لہٰذا یہ بھی پست سے بلند یا بلند سے پست ہونے میں وقت گزارے گا۔

مداخل تبدیل ہوتے ہی مخارج تبدیل نہیں ہو جاتا، بلکہ کچھ دیر یوں محسوس ہوتا ہے جیسے مداخل کا مخارج پر کوئی اثر نہیں۔مداخل کے کنارہ چڑھائی پر غور کریں۔مداخل کے بلند ہونے کے باوجود، مخارج کچھ دیر بلند رہتا ہے۔یہ ناقابل قبول صورت حال ہے، جس پر عددی ادوار کے تشکیل کے دوران نظر رکھنی ضروری ہے۔مداخل بلند ہونے کے کچھ وقفہ بعد مخارج نیا حال اختیار کرتا ہے۔اس وقفہ کو **دورانیہ رد عمل**[12] کہتے ہیں۔دورانیہ رد عمل ناپنے کی وضاحت شکل میں کی گئی ہے۔برقیاتی گیٹوں کے دورانیہ اترائی، دورانیہ چڑھائی، اور دورانیہ رد عمل، عموماً، چند نینو سیکنڈ ہوں گے۔

کارخانے میں گیٹ سازی کے دوران، اجزاء میں معمولی سے معمولی فرق کی وجہ سے (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 فرق ضرور ہوگا، جو عمر رسیدگی کے ساتھ اور استعمال کے حالات (درجہ حرارت، نمی، دباؤ، وغیرہ) سے تبدیل ہوں گے۔

مشق ۶.۱: انٹرنیٹ سے $74xx$ اور $74Hxx$ سلسلہ کے دورانیوں میں فرق دریافت کریں۔

۶.۲ پلٹ کار

شکل ۶.۳ میں **ایس آر**[13] پلٹ کار کا دور اور جدول پیش ہیں۔پلٹ کار کو، روایتاً، مداخل کے نام[14] سے پکارا جاتا ہے، جو یہاں لاطینی حروف "ایس"[15] اور "آر"[16] ہیں۔پلٹ کار کے دو متضاد مخارج ہوں گے، جنہیں Q اور $\overline{Q}$ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔یوں، اگر مخارج Q کی قیمت 1 ہو، تب مخارج $\overline{Q}$ کی قیمت 0 ہوگی، اور اگر $Q = 0$ ہو تب $\overline{Q} = 1$ ہوگا۔

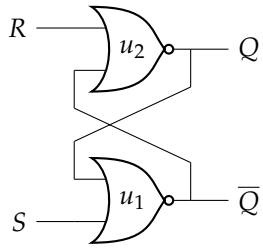
شکل ۶.۳ میں متمم جمع گیٹ u_1 کا مخارج، متمم جمع گیٹ u_2 کا ایک مداخل، اور u_2 کا مخارج، u_1 کا ایک مداخل ہے۔متمم جمع u_1 کے مخارج پر نظر رکھیں؛ یہ مخارج، u_2 کا ایک مداخل ہے، لہٰذا اس کے مخارج پر اثر انداز ہوگا؛ لیکن u_2 کا مخارج u_1 کا ایک مداخل ہے، جو u_1 کے مخارج پر اثر انداز ہوگا؛ یوں u_1 کا مخارج، خود پر اثر انداز ہوگا! اس عمل کو **بازرسی**[17] کہتے ہیں۔

ایسا اشارہ، مثلاً $\overline{Q}$، جو خود پر اثر انداز ہو **بازرسی اشارہ**[18] کہلاتا ہے۔

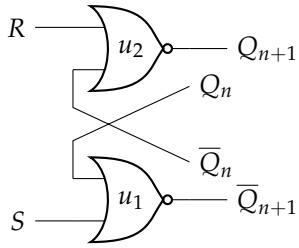
---

[10] falltime
[11] risetime
[12] propagationdelay
[13] Set-ResetFlipFlop,(SRFF)
[14] پلٹ کار کے مداخل انگریزی الفاظ Set اور Reset کے سر حرف S اور R ہیں۔
[15] S
[16] R
[17] feedback
[18] feedbacksignal

S	R	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	0	Q_n	$\overline{Q}_n$	برقرار حال
0	1	0	1	پست حال
1	0	1	0	بلند حال
1	1	?	?	ممنوعہ حال



شکل ۶.۳: بلند فعال مداخل ایس آر پلٹ کار



شکل ۶.۴: موجودہ مخارج سے اگلے مخارج کا حصول۔

یہاں Q اور $\overline{Q}$ دونوں بطور بازرسی اشارات استعمال کیے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q کی قیمت جاننے کے لیے $\overline{Q}$ کی قیمت معلوم ہونا ضروری ہے، لیکن $\overline{Q}$ 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 $\overline{Q}_n$ لکھتے ہیں۔ اب (بازرسی) مداخل Q_n ، $\overline{Q}_n$ اور سادہ مداخل S ، R کو دیکھتے ہوئے ($n+1$ واں قدم گزرنے کے بعد) متوقع مخارج حاصل کرتے ہیں، جنہیں ہم Q_{n+1} اور $\overline{Q}_{n+1}$ 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 مداخل R اور $\overline{Q}$ کے روپ میں لکھتے ہیں۔

$$Q_{n+1} = \overline{R + \overline{Q}_n} \tag{۶.۱}$$

جیسا آپ نے شکل ۶.۲ میں دیکھا، گیٹ کا مخارج، دورانیہ رد عمل گزرنے کے بعد، مداخل کے تحت حال اختیار کرتا ہے۔ یوں موجودہ $\overline{Q}_n$ اور مداخل R جب نئی قیمت اختیار کریں، گیٹ کچھ دیر بعد نئی قیمت Q_{n+1} اختیار کرتا ہے۔

نچلی گیٹ (u_1) کے مخارج کی مساوات درج ذیل ہو گی۔ یہ گیٹ بھی مداخل تبدیل ہونے کے کچھ دیر بعد مخارج تبدیل کرے گا۔

$$\overline{Q}_{n+1} = \overline{S + Q_n} \tag{۶.۲}$$

جدول ۶.۱: ایس آر پلٹ کار (مساوات ۶.۳ اور مساوات ۶.۴)

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)

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)

بالائی گیٹ کی خارجی مساوات حاصل کرنے کی غرض سے مساوات ۶.۲ کو مساوات ۶.۱ میں ڈال کر مسئلہ ڈی مارگن سے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} Q_{n+1} &= \overline{R + (\overline{S + Q_n})} \\ &= \overline{R}(\overline{\overline{S + Q_n}}) \\ &= \overline{R}(S + Q_n) \end{aligned} \tag{۶.۳}$$

مساوت 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 غرض سے مساوات ۶.۱ کو مساوات ۶.۲ میں ڈال کر مسئلہ ڈی مارگن سے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \overline{Q}_{n+1} &= \overline{S + (\overline{R + \overline{Q}_n})} \\ &= \overline{S}(\overline{\overline{R + \overline{Q}_n}}) \\ &= \overline{S}(R + \overline{Q}_n) \end{aligned} \tag{۶.۴}$$

مساوت ۶.۴ میں متغیرات S ، R ،اور Q_n آزاد متغیرات تصور کر کے تابع متغیر $\overline{Q}_{n+1}$ کو جدول ۶.۱-ب میں پیش کیا گیا ہے۔(متغیر S اور Q_n مساوات میں بالترتیب $\overline{S}$ اور $\overline{Q}_n$ 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 حصہ میں $S = 0$ اور $R = 0$ ہے، جبکہ Q_{n+1} کی قیمت Q_n کے برابر ہے۔ ہم کہتے ہیں، مداخل $S = 0$ اور $R = 0$ کی صورت میں ایس آر پلٹ کار ''برقرار حال'' ہو گا۔ جدول-ب میں $\overline{Q}_{n+1}$ 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 حصہ میں $S = 0$ اور $R = 1$ ہے، جبکہ Q_{n+1} پست ہو گا۔ ہم کہتے ہیں، ان مداخل کے لیے ایس آر پلٹ کار ''پست حال'' ہو گا۔ یہاں بھی (جدول-الف اور ب کے تحت) نئے مخارج ایک دوسرے کے متضاد ہیں۔

تیسرے حصہ میں $S = 1$ اور $R = 0$ ہے، جبکہ پلٹ کار ''بلند حال'' ہے۔

چوتھے حصہ میں $S = 1$ اور $R = 1$ ہے، جبکہ جدول کے تحت Q_{n+1} اور $\overline{Q}_{n+1}$ دونوں پست ہیں، جو ہم نہیں چاہتے، ہم کہتے ہیں پلٹ کار ''ممنوعہ حال'' (میں) ہے۔ پلٹ کار کی صحیح کارکردگی کے لیے یہ مداخل ''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 مداخل استعمال نہ کیے جائیں۔

ایس آر پلٹ کار کی کارکردگی

SR	Q_{n+1}	
00	Q_n	برقرار حال
01	0	پست حال
10	1	بلند حال
11	?	ممنوعہ حال

(۶.۵)

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، مداخل S، **بلند** صورت میں **فعال**[۲۴] ہو گا۔ وہ مداخل جو بلند صورت میں فعال ہو، **بلند فعال**[۲۵] مداخل کہلاتا ہے۔ وہ مداخل جو پست صورت میں فعال ہو، **پست فعال**[۲۶] کہلاتا ہے۔ جب بلند فعال مداخل، پست ہو، مثلاً، $S = 0$، ہم کہتے ہیں یہ **غیر فعال**[۲۷] (حال میں) ہے۔ یوں اس پلٹ کار کا بہتر نام **بلند فعال مداخل ایس آر پلٹ کار** ہو گا۔

پلٹ کار خود اس صورت فعال کہلاتا ہے جب $Q = 1$ ہو۔ پست فعال مداخل اور مخارج ($\overline{Q}$) 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) پنیوں پر گول دائرہ لگایا جاتا ہے، جو ان کا پست فعال پن ظاہر کرتا ہے (شکل ۶.۷ دیکھیں)۔

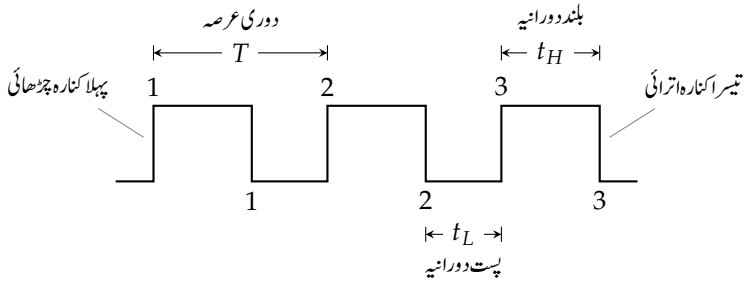
پلٹ کار کے دونوں مداخل عام طور **غیر فعال** رکھے جائیں گے؛ یوں موجودہ پلٹ کار کے مداخل پست رکھے جائیں گے۔ پلٹ کار بلند (صادق) حال کرنے کے لیے S اشارہ ایک لمحہ کے لیے بلند (فعال) کر کے واپس پست (غیر فعال) کیا جاتا ہے۔ پہلے سے بلند حال پلٹ کار، اسی حال میں رہے گا، جبکہ پست پلٹ کار، اشارہ ملتے ہی بلند حال اختیار کرے گا۔

اسی طرح پلٹ کار کاذب (پست) حال کرنے کے لیے R اشارہ لمحاتی فعال کیا جاتا ہے۔

مداخل S کو **فعال کار**[۲۸] مداخل جبکہ R کو **غیر فعال کار**[۲۹] مداخل کہہ سکتے ہیں۔

---

[۱۹] state
[۲۰] highstate
[۲۱] truestate
[۲۲] lowstate
[۲۳] falsestate
[۲۴] active
[۲۵] activehigh
[۲۶] activelow
[۲۷] inactive
[۲۸] setinput
[۲۹] resetorclearinput



شکل ۶.۵: ساعت

آپ نے دیکھا، پلٹ کار در حقیقت 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 کو، عموماً، مقررہ دورانیے کا مسلسل دہراتا داخلی اشارہ درکار ہو گا، جو **ساعت**[۳۱] کہلاتا ہے۔ ساعت اشارہ شکل ۶.۵ میں پیش ہے۔ اگرچہ اس طرح کی اشکال میں دورانیہ چڑھائی 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 چڑھائی پر بیک وقت حال تبدیل کرتے ہیں۔ گویا، ہم عصر دور ساعت کے ساتھ قدم ملا کر چلتا ہے۔

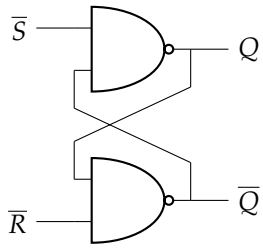
شکل ۶.۵ میں اوپر جانب کنارہ چڑھائی کی گنتی، جبکہ نیچے جانب کنارہ اترائی کی گنتی دی گئی ہے۔ ساتھ ہی، **دوری عرصہ**[۳۳]، **بلند دورانیہ**[۳۴] اور **پست دورانیہ**[۳۵] کی بھی وضاحت کی گئی ہے، جنہیں بالترتیب T ، t_H ، اور t_L سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں $T = t_H + t_L$ ہو گا۔ ساعت کے بلند اور پست دورانیے برابر بھی ہو سکتے ہیں۔ ہمیشہ کی 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 مختصراً **ساعت** پکارا جاتا ہے۔ ساعت سے مراد متواتر تبدیل ہوتا اشارہ، یا اس کا بلند، یا پست دورانیہ، یا چڑھائی یا اترائی کنارہ ہو گا۔ متن سے اس کا

---

[۳۰] synchronous
[۳۱] clock
[۳۲] frequency
[۳۳] timeperiod
[۳۴] hightime,ONtime
[۳۵] lowtime,OFFtime
[۳۶] Hertz,Hz



$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$	
0	0	?	?	ممنوعہ حال
0	1	1	0	بلند حال
1	0	0	1	پست حال
1	1	Q_n	$\overline{Q}_n$	برقرار حال

شکل ۶.۶: پست فعال مداخل ایس آر پلٹ کار

(ا) بلند فعال مداخل ایس آر پلٹ کار

(ب) پست فعال مداخل ایس آر پلٹ کار

شکل ۶.۷: ایس آر پلٹ کار کی دو علامتیں

مطلوبہ مطلب واضح ہو گا۔ جہاں غلط فہمی کا امکان ہو، وہاں وضاحت کی جائے گی۔

ساعت کی بات کرتے ہوئے عموماً ساعت کی **دھڑکن**[۳۷] (جس کو مختصراً **دھڑکن** کہتے ہیں) کا ذکر ہو گا، جہاں دھڑکن سے مراد ساعت کا بلند حصہ ہو گا۔ یہ اصطلاح کسی بھی اشارے کے لیے استعمال کی جا سکتی ہے جہاں اس سے مراد مستطیل باریک (کم دورانیہ) اشارہ ہو گا۔ بلند دھڑکن کے علاوہ پست دھڑکن اور منفی دھڑکن بھی ہو سکتے ہیں۔

۶.۴ متمم ضرب گیٹ ایس آر پلٹ کار

شکل ۶.۶ میں متمم ضرب گیٹ پر مبنی **پست فعال مداخل ایس آر پلٹ کار**[۳۸] دکھایا گیا ہے۔ شکل ۶.۷ میں بلند فعال مداخل اور پست فعال مداخل ایس آر پلٹ کار کی علامتیں پیش ہیں۔ پست فعال اشارات، کے نام پر لکیر ($\overline{S}$ ، $\overline{Q}$) اور ان کے پنیوں پر گول دائرے ان کے پست فعال پن ظاہر کرتے ہیں۔

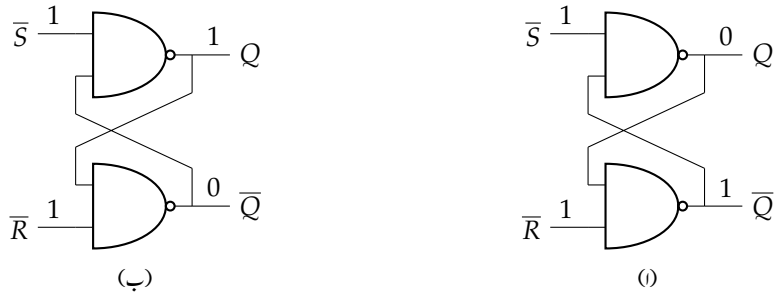
پلٹ کار کے مخارج Q اور $\overline{Q}$ آپس میں متضاد (اُلٹ) حال رہتے ہیں۔ آئیں اس پلٹ کار کی کارکردگی، دوسرے نقطہ نظر سے دیکھیں۔

۶.۴.۱ غیر فعال مداخل پلٹ کار، حال برقرار رکھتا ہے

فرض کریں **پست** ایس آر پلٹ کار کے مداخل **غیر فعال** ہیں، یعنی $Q = 0$ ، $\overline{Q} = 1$ ، $\overline{S} = 1$ اور $\overline{R} = 1$ ہیں (شکل ۶.۸-الف)۔ یوں، بالائی متمم ضرب گیٹ کے مداخل 1 اور 1 ہیں، لہٰذا اس کا مداخل 0 ہو گا، جو وہ پہلے سے ہے۔ اسی طرح نچلے متمم ضرب گیٹ کے مداخل 0

---

[۳۷] pulse
[۳۸] activelowinputsSRflipflop



شکل ۶.۸: غیر فعال مداخل کی صورت میں پلٹ کار اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔

اور 1 ہیں، لہٰذا اس کا مخارج 1 ہوگا، جو وہ پہلے سے ہے۔

فرض کریں **بلند** پلٹ کار کے مداخل **غیر فعال** ہیں، یعنی $Q = 1$ ، $\overline{Q} = 0$ ، $\overline{S} = 1$ اور $\overline{R} = 1$ ہیں (شکل ۶.۸-ب)۔ یوں بالائی متمم ضرب گیٹ کے مداخل 1 اور 0 ہیں، لہٰذا اس کا مداخل 1 ہوگا، جو وہ پہلے سے ہے۔ اسی طرح نچلے متمم ضرب گیٹ کے مداخل 1 اور 1 ہیں، لہٰذا اس کا مخارج 0 ہوگا، جو وہ پہلے سے ہے۔

شکل ۶.۸ کی دونوں صورتوں پر غور کرنے سے معلوم ہوا کہ **غیر فعال مداخل کی صورت 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۔

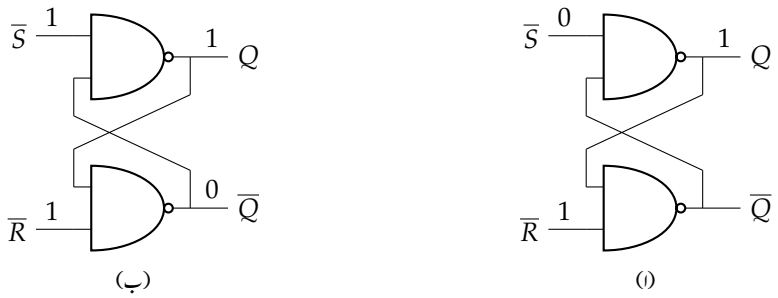
۶.۴.۲ مداخل S فعال کرنے سے پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے

تصور کریں ایس آر پلٹ کار کا مداخل $\overline{S}$ ، ایک لمحہ فعال کرنے کے بعد دوبارہ غیر فعال کیا جاتا ہے، یعنی لمحاتی طور $\overline{S} = 0$ کیا جاتا ہے۔ شکل ۶.۹-الف میں وہ لمحہ پیش ہے جب $\overline{S} = 0$ (فعال) ہے۔ بالائی متمم ضرب گیٹ کا کوئی مداخل پست ہونے کی صورت میں اس کا مخارج بلند ہوگا، لہٰذا $\overline{S} = 0$ کی صورت میں بالائی گیٹ کا مخارج بلند ہوگا، جیسا شکل میں دکھایا گیا ہے (پلٹ کار کے دونوں گیٹوں کی گزشتہ قیمتیں اس حقیقت پر اثر انداز نہیں ہوں گی)۔ یوں نچلے گیٹ کے دونوں مداخل بلند، لہٰذا مخارج پست $\overline{Q} = 0$ ہوگا۔ مداخل واپس غیر فعال $\overline{S} = 1$ کرنے سے شکل-ب ملتی ہے، لہٰذا پلٹ کار کا حال ($Q = 1$ اور $\overline{Q} = 0$) برقرار رہے گا۔ یوں **مداخل $\overline{S}$ فعال کرنے سے ایس آر پلٹ کار بلند حال اختیار کرتا ہے**۔

۶.۴.۳ مداخل $\overline{R}$ فعال کرنے سے پلٹ کار پست حال اختیار کرتا ہے

درج ذیل مشق میں آپ سے یہی ثابت کرنے کی درخواست کی گئی ہے۔

مشق ۶.۲: ثابت کریں کہ $\overline{S} = 1$ رکھتے ہوئے، لمحاتی طور $\overline{R} = 0$ کرنے سے ایس آر پلٹ کار **پست حال** اختیار کرتا ہے۔



شکل ۶.۹: ایک لمحے کے لیے $\overline{S}$ فعال کیا گیا ہے۔

۶.۴.۴ حال دوڑ

ایس آر پلٹ کار کے دونوں مداخل بیکوقت پست کرنے کی اجازت نہیں، چونکہ ایسی صورت میں پلٹ کار غیر یقینی حال اختیار کرتا ہے۔ دیکھتے ہیں، ایسا کیوں ہو گا۔

شکل ۶.۶ پر نظر رکھتے ہوئے آگے بڑھیں۔ تصور کریں پلٹ کار کے دونوں مداخل 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 ہو گا۔

دونوں مداخل بیکوقت پست کرنے سے (بالائی اور نچلے متمم ضرب گیٹ کے مخارج بلند ہوں گے، لہٰذا) پلٹ کار کے دونوں مخارج بیک وقت بلند ہوں گے، جو نا قابل قبول صورت ہے: پلٹ کار کے مخارج Q اور $\overline{Q}$ کا آپس میں متضاد رہنا ضروری ہے۔

دونوں مداخل بیک وقت یکدم واپس بلند کرنے سے گیٹوں کے مخارج (یکدم حال تبدیل نہیں کرتے، صفحہ ۱۳۶ 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 مداخل بلند ہوں گے (مثلاً $\overline{S}$ بلند کر دیا گیا ہے، اور فی الحال $\overline{Q}$ نئے حال تک نہیں پہنچا، لہٰذا یہ بھی بلند ہے؛ یوں بالائی گیٹ کے دونوں مداخل بلند ہیں)۔ دونوں گیٹ، پست حال کی طرف گامزن ہوں گے۔ گیٹوں کے دورانیوں میں فرق (جو وقت اور حالات کے ساتھ تبدیل ہو سکتے ہیں) کی بنا، ایک گیٹ (جو ہم نہیں جانتے کونسا ہو گا) نئے پست حال تک، دوسرے گیٹ سے پہلے پہنچ کر (دوسرے گیٹ کا مداخل ہونے کی وجہ سے) دوسرے گیٹ کو بلند رہنے پر مجبور کرے گا۔ یوں اگرچہ پلٹ کار کے دونوں مداخل غیر فعال کرنے سے پلٹ کار کے مخارج آپس میں تضاد ہیں، تاہم، ہم جاننے سے قاصر ہیں آیا پلٹ کار بلند یا پست حال ہو گا۔ ایس آر پلٹ کار کے دونوں مداخل فعال کرنے کے بعد دوبارہ بیکوقت غیر فعال کرنے سے پلٹ کار کا حال، متمم ضرب گیٹوں کے بیچ نئے حال تک پہنچنے کے دوڑ پر منحصر ہے۔ اسی لیے اس کو **حالت دوڑ**[۳۹] 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۔

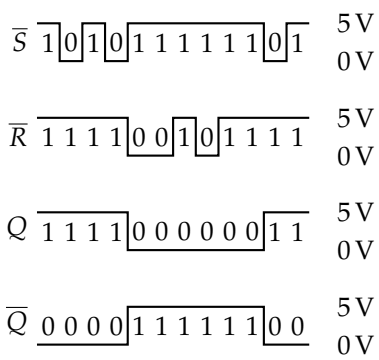
شکل ۶.۱۰ میں پیش جدول کی پہلے صف میں پلٹ کار بلند $(Q = 1)$ اور مداخل غیر فعال ہیں۔ صف در صف نیچے چلتے ہوئے دیکھیں، مداخل تبدیل کرنے سے پلٹ کار کیا حال اختیار کرتا ہے۔ (مداخل کسی خاص ترتیب سے نہیں، بلکہ پلٹ کار کی کارکردگی کی ایک مثال دیکھنے کی غرض سے تبدیل کیے گئے۔)

مثبت منطقی نظام استعمال کرتے ہوئے، (1) کو $5\,\mathrm{V}$، جبکہ (0) کو $0\,\mathrm{V}$ سے ظاہر کیا جائے گا۔ یوں مداخل ایس کی فعال صورت $\overline{S} = 0$ کو $0\,\mathrm{V}$، جبکہ غیر فعال صورت $\overline{S} = 1$ کو $5\,\mathrm{V}$ سے ظاہر کیا جائے گا۔ اسی طرح $Q = 0$ کو $0\,\mathrm{V}$ اور $Q = 1$ کو $5\,\mathrm{V}$ سے ظاہر کیا جائے گا۔ ایسا کرتے ہوئے شکل ۶.۱۰ میں پیش جدول سے اسی شکل میں پیش ترسیمات حاصل ہوں گی، جہاں موازنہ کے لیے $\overline{Q}$ بھی پیش ہے۔

---

[۳۹] racecondition

$\overline{S}$	$\overline{R}$	Q	حال
1	1	1	بلند
0	1	1	بلند رہے گا
1	1	1	برقرار
0	1	1	بلند رہے گا
1	0	0	پست
1	0	0	پست رہے گا
1	1	0	برقرار
1	0	0	پست رہے گا
1	1	0	برقرار
1	1	0	برقرار
0	1	1	بلند
1	1	1	برقرار

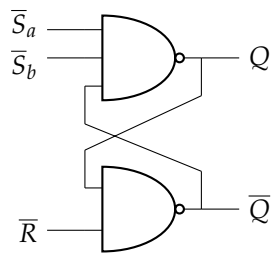


شکل ۶.۱۰: ایس آر پلٹ کار کے استعمال کا جدول اور ترسیمات۔

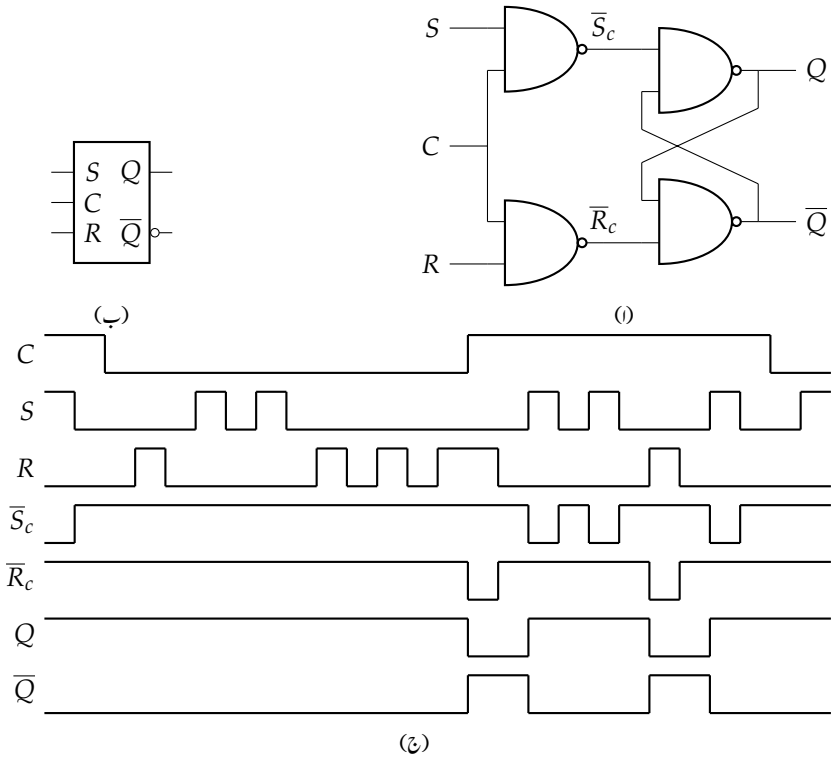
۶.۵ زیادہ مداخل پلٹ کار

پلٹ کار کے مداخل دو سے زیادہ ہو سکتے ہیں، جیسا شکل ۶.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں بلند کار مداخل کی تعداد دو ہے، جنہیں $\overline{S}_a$ اور $\overline{S}_b$ کہا گیا ہے، جبکہ پست کار مداخل ایک ہے۔ عام طور تینوں مداخل بلند (غیر فعال) رکھے جائیں گے۔ پلٹ کار بلند حال کرنے کی خاطر $\overline{S}_a$ یا $\overline{S}_b$ یا دونوں کو ایک لمحہ کے لیے پست (فعال) کیا جائے گا، جبکہ پلٹ کار پست حال کرنے کی خاطر $\overline{R}$ ایک لمحہ کے لیے فعال کیا جائے گا۔ حال دوڑ سے بچنے کے لیے ضروری ہے کہ $\overline{R}$ کے ساتھ باقی دو مداخل میں سے کوئی ایک (یا دونوں) اکٹھے فعال نہ کیا جائے۔

$\overline{S}_a$	$\overline{S}_b$	$\overline{R}$	Q_{n+1}	$\overline{Q}_{n+1}$
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	$\overline{Q}_n$



شکل ۶.۱۱: زیادہ مداخل ایس آر پلٹ کار



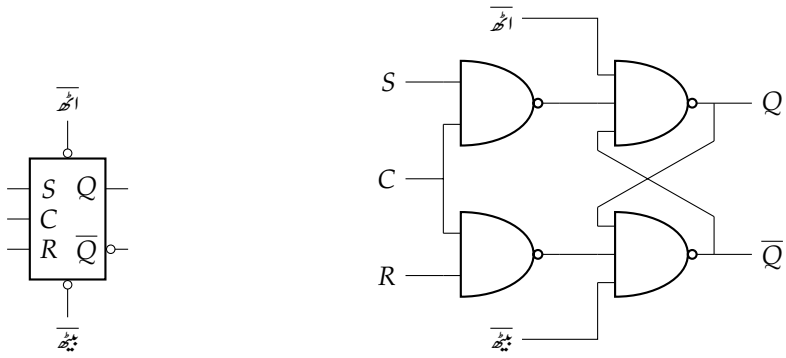
شکل ۶.۱۲: مجاز و معذور بلند فعال مداخل ایس آر پلٹ کار

۶.۶ قابل مجاز و معذور پلٹ کار

شکل ۶.۱۰ کی ترسیمات سے واضح ہے، مداخل تبدیل کرتے ہی پلٹ کار نیا حال اختیار کرتا ہے۔ اس حصہ میں ایسی پلٹ کار پر غور کیا جائے گا جس کے مداخل کو پلٹ کار کے حال پر اثر انداز ہونے سے روکا جا سکتا ہو۔ شکل ۶.۱۲الف پر غور کریں جہاں دو متمم ضرب گیٹ کے اضافہ سے قابل قابو پلٹ کار حاصل کیا گیا، جس کے (بلند فعال) مداخل 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 مخارج کو $\overline{S}_c$ اور $\overline{R}_c$ کہا گیا، جبکہ گیٹوں کو قابو کار اشارہ C فراہم کیا گیا۔ مجاز و معذور بنانے والا قابو کار اشارہ C پست (معذور) کرنے سے S اور R مداخل معذور ہوتے ہیں، $\overline{S}_c$ اور $\overline{R}_c$ بلند رہتے ہیں، اور پلٹ کار اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔ قابو کار اشارہ بلند (مجاز) کرنے سے پلٹ کار کے مداخل S اور R مجاز ہو کر پلٹ کار کے حال پر اثر انداز ہوتے ہیں۔

شکل-ج میں مجاز و معذور قابو کار اشارہ C کی کارکردگی واضح کی گئی۔ جب تک یہ اشارہ پست (معذور) رہے، $\overline{S}_c$ اور $\overline{R}_c$ 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 مداخل ایس آر پلٹ کار** کہلاتا ہے۔



شکل ۶.۱۳: اٹھ بیٹھ صلاحیت پلٹ کار

بعض اوقات، پلٹ کار کے عمومی مداخل استعمال کیے بغیر، ہم پلٹ کار کا حال خود تعین کرنا چاہتے ہیں۔ عموماً، پلٹ کار کا ابتدائی حال منتخب کرنے کے لیے ایسا کرنا درکار ہوگا۔ شکل ۶.۱۳ میں دو مزید مداخل، اٹھ اور بیٹھ، مہیا کیے گئے ہیں، جنہیں پست کر کے پلٹ کار کو بالترتیب زبردستی بلند اور پست کیا جا سکتا ہے۔

۶.۷ آقا غلام پلٹ کار

گزشتہ حصہ میں مجاز و معذور بلند فعال مداخل ایس آر پلٹ کار پر غور کیا گیا۔ شکل ۶.۱۴ میں ایسے دو پلٹ کار (پہلا آقا اور دوسرا غلام کہلاتا ہے) اور ایک نفی گیٹ سے **آقا غلام پلٹ کار**[۴۰] تشکیل دیا گیا۔ آقا کے مخارج، غلام کے مداخل ہیں۔ مزید C پر اشارہ **ساعت**[۴۱] مہیا کیا گیا ہے۔

جتنی دیر ساعت (C) بلند رہے، آقا کے مداخل مجاز، لہٰذا مخارج Q_a اور $\overline{Q}_a$ قابل تبدیل ہوں گے۔ غلام کو C کا متمم $\overline{C}$ مجاز و معذور بناتا ہے، لہٰذا جتنی دیر آقا مجاز ہو، غلام معذور (لہٰذا برقرار حال) ہوگا۔

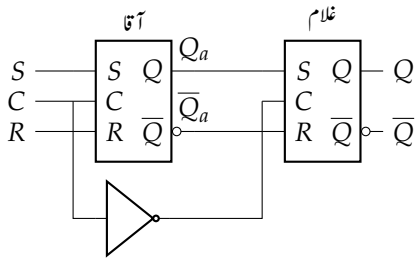
جس لمحہ ساعت پست ہو، آقا اسی لمحہ کے حال میں رہ جائے گا، اور غلام مجاز ہو کر فوراً آقا کے مخارج کے مطابق حال اختیار کر لے گا۔ یوں، غلام ہر وقت آقا کی پیروی کرتا ہے۔ جتنی دیر ساعت پست رہے، Q_a اور $\overline{Q}_a$ تبدیل نہیں ہو سکتے، لہٰذا غلام حال تبدیل نہیں کرے گا۔

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 آقا غلام پلٹ کار**[۴۲] کہلاتا ہے۔ ساعت کے کنارہ اترائی پر تیر کا نشان اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے۔ ساعت کا کنارہ (اترائی)، پلٹ کار کی **لبلبی**[۴۳] ہے، جسے پست کرنے سے، پلٹ کار داخلی اشارے کا عکس لیتا ہے۔

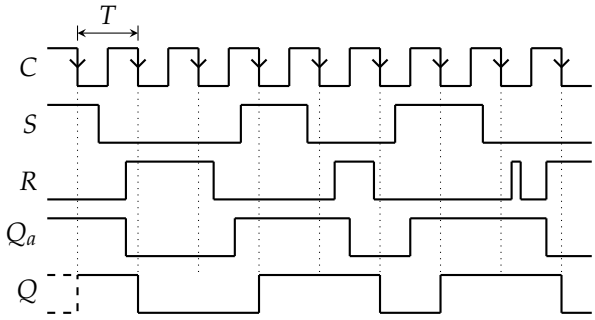
پلٹ کار کو پہلی مرتبہ برقی طاقت فراہم کرنے سے، حال دوڑ پیدا ہوگی جس کے اختتام پر پلٹ کار بلند یا پست ہوگا۔ شکل میں پہلے کنارہ اترائی سے قبل Q مبہم دکھایا گیا ہے (سایہ دار حصہ)، جو اس حقیقت کو ظاہر کرتا ہے۔ ساعت کے اول کنارہ اترائی پر فعال S کے تحت آقا غلام پلٹ کار یقینی طور پر بلند حال اختیار کرتا

---

[۴۰] masterslaveflipflop
[۴۱] clock
[۴۲] negativeedgetriggeredMasterSlaveflipflop
[۴۳] trigger



(ا)

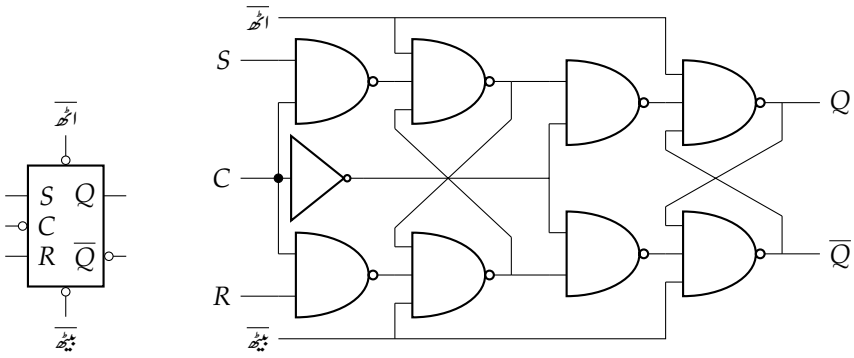


(ب)

شکل ۶.۱۴: ساعت کے کنارہ اترائی پر عمل کار آقا غلام پلٹ کار

جدول ۶.۲: کنارہ اترائی پر عمل کار آفتاغلام 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	?	?



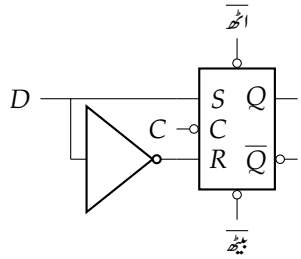
شکل ۶.۱۵: اٹھ بیٹھ صلاحیت رکھنے اور منفی کنارے پر عمل کرنے والا آفتاغلام پلٹ کار

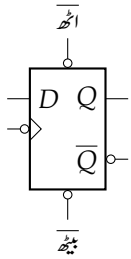
ہے۔(شکل ۶.۱۳ میں اٹھ بیٹھ قابو اشارات اس طرح مبہم صورت سے نمٹنے کے لیے ہیں۔)

شکل ۶.۱۴ میں ساعت کے آٹھویں کنارہ اترائی کے بعد پست ساعت کے دوران R بلند ہو کر واپس پست ہوتا ہے، جو آفتاغلام پلٹ کار کو پست کرنے میں ہر گز کامیاب نہیں ہو گا۔ پلٹ کار کو بلند یا پست کرنے کے لیے، ضروری ہے کہ داخلی اشارات S اور R کسی مخصوص دورانیے سے زیادہ وقت کے لیے فعال ہوں۔ داخلی اشارہ اس صورت کردار ادا کرتا ہے، جب بلند ساعت اس کا عکس محفوظ کر لے۔ ساعت کے پست دورانیہ t_L (شکل ۶.۵) سے زیادہ دیر فعال رہنے والا مداخل اشارہ، ساعت کے کنارہ اترائی کے فوراً بعد فعال ہونے کی صورت میں بھی ساعت کی اگلی بلندی تک فعال رہے گا، لہٰذا آفتاغلام پلٹ کار اس پر ضرور عمل کرے گا۔ البتہ، ایسی صورت میں عین ممکن ہے، کنارہ اترائی پر کوئی مداخل فعال نہ ہو (شکل ۶.۱۴ میں چھٹا کنارہ اترائی دیکھیں)، لہٰذا، عین کنارہ اترائی کے لمحہ موجود مداخل کا حال محفوظ کرنے کے لیے ضروری ہے کہ مداخل کم از کم ایک دوری عرصہ (T) دورانیے کے لیے فعال رہے (تسلی کر لیں، اگر یقین نہیں)۔ حصہ ۶.۹ میں ایسی پلٹ کار پیش کیا جائے گا، جس کے مداخل پر کم از کم ایک دوری عرصہ فعال رہنے کی شرط مسلط نہیں۔

جدول ۶.۲ میں کنارہ اترائی پر عمل کار آفتاغلام 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 ہو گا۔ شکل ۶.۱۵ میں (درکار مقامات پر تین مداخل متمم ضرب گیٹ استعمال





C	D	Q_{n+1}
0	x	Q_n
1	x	Q_n
$\downarrow$	0	0
$\downarrow$	1	1

شکل ۶.۱۶: آقا غلام سے حاصل ڈی پلٹ کار

کرتے ہوئے) آقا غلام پلٹ کار میں پست فعال مداخل $\overline{\text{اٹھ}}$ اور $\overline{\text{بیٹھ}}$ کا اضافہ کر کے ایسی پلٹ کار تشکیل دیا گیا ہے۔ (برقی تاروں کی تعداد بہت بڑھ گئی ہے۔ بہتر ہو گا صفحہ ۳۳ پر شکل ۱.۳ ایک مرتبہ دوبارہ دیکھیں۔) عام طور 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 جا سکے گا۔

شکل میں **منفی کنارے پر عمل کرنے، اور اٹھ بیٹھ صلاحیت کے، آقا غلام پلٹ کار** کی علامت بھی پیش ہے، جہاں ساعت (C) پر گول دائرہ **منفی**، اور تکون **کنارے** کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں اس سے مراد ''ساعت کے منفی کنارے پر عمل پیرا ہونا'' لیا جائے گا۔

۶.۸ ڈی پلٹ کار

۶.۸.۱ آقا غلام پلٹ کار سے حاصل کردہ ڈی پلٹ کار

آقا غلام پلٹ کار کے ساتھ نفی گیٹ منسلک کر کے **ڈی پلٹ کار**[۴۴] 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 تکون ساعت کے منفی کنارہ کو ظاہر کرتے ہیں (مثبت کنارہ، صرف تکون سے ظاہر کیا جاتا ہے)۔ مداخل D پر کم از کم ایک دوری عرصہ (T) بلند یا پست رہنے کی شرط مسلط ہے۔

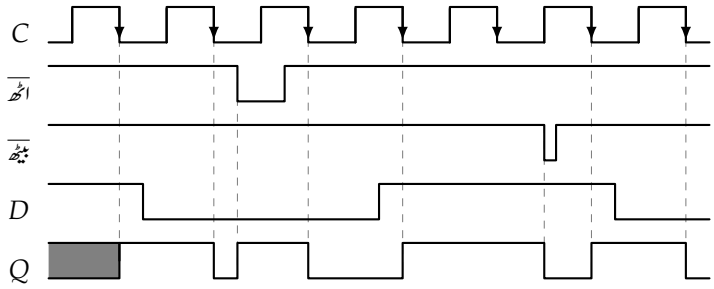
پلٹ کار کی کارکردگی کا جدول بھی شکل ۶.۱۶ میں پیش ہے، جس کے تحت، بلند یا پست ساعت کے دوران، مداخل D، پلٹ کار کے حال پر اثر انداز نہیں ہو گا۔ پلٹ کار (صرف) ساعت کے کنارہ اترائی پر D دیکھ کر (نیا) حال اختیار کرتا ہے۔ یوں اس کا نام **کنارہ اترائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار**[۴۵] ہو گا۔ ساعت کو نفی گیٹ سے گزار کر **کنارہ چڑھائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار**[۴۶] حاصل ہو گا۔

شکل ۶.۱۷ میں ڈی پلٹ کار کی کارکردگی کی مثال پیش ہے۔ آقا غلام پلٹ کار کے R مداخل سے چھٹکارا حاصل کرنے کی بدولت، ڈی پلٹ کار کسی صورت ''حال دوڑ'' سے دوچار نہیں ہو گا۔ 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۔

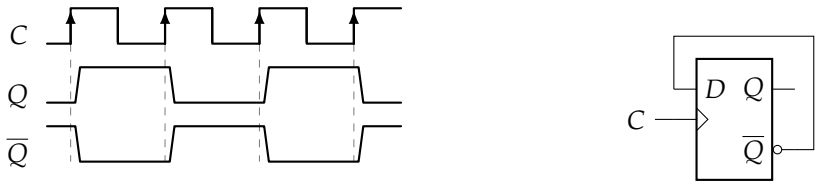
شکل ۶.۱۸ میں **کنارہ چڑھائی پر** عمل کار ڈی پلٹ کار کا $\overline{Q}$ مداخل D سے جوڑ کر، پلٹ کار کو ساعت (C) فراہم کی گئی۔ شکل-ب میں ساعت کے اول

---

[۴۴] DFF
[۴۵] negativeedgetriggered, Dflipflop
[۴۶] positiveedgetriggered, Dflipflop



شکل ۶.۱۷: کنارہ اترائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار کی کارکردگی کی مثال



(ب) (ا)

شکل ۶.۱۸: تعدد دو سے تقسیم کیا گیا

کنارہ چڑھائی پر توجہ دیں۔ یہاں $\overline{Q} = 1$ ہے، لہٰذا D بلند ہو گا اور ساعت کے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار اس کا عکس محفوظ کرتے ہوئے بلند حال اختیار کرتی ہے۔ پلٹ کار کا مخارج $\overline{Q}$ کچھ دیر بعد نیا حال $\overline{Q} = 0$ اختیار کرے گا، لیکن اس وقت تک ساعت کا کنارہ گزر چکا ہو گا۔ ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر $\overline{Q} = 0$ دیکھ کر پلٹ کار پست ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q (یا $\overline{Q}$) کا تعدد ساعت کے تعدد کا نصف ہے۔

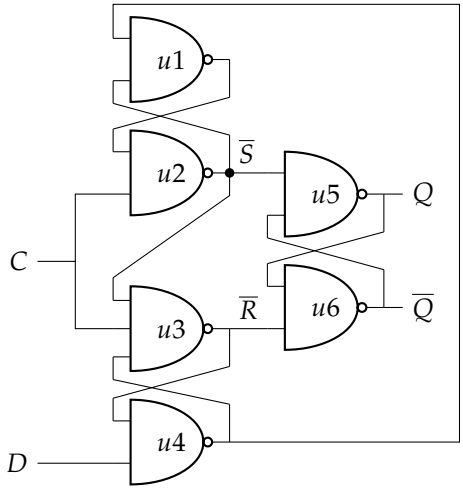
کنارہ اترائی پر عمل کار پلٹ کار کے استعمال میں اس بات کو یقینی بنانا ضروری ہے کہ مداخل، ساعت کے کنارہ اترائی کے دوران، تبدیل نہ ہو۔ حقیقتاً، کنارہ اترائی کے آغاز سے چند لمحات قبل سے لے کر، کنارہ گزرنے کے چند لمحات بعد تک، مداخل D کا برقرار ایک حال میں رہنا ضروری ہے۔ ان لمحات کو بالترتیب **دورانیہ تیاری**[۴۷] اور **دورانیہ ٹھیراؤ**[۴۸] کہتے ہیں۔ دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیراؤ کی معلومات پلٹ کار کے تخلیق کار مہیا کرتے ہیں۔ کنارہ چڑھائی پر عمل کار پلٹ کار کی صورت میں مداخل کو دوران چڑھائی تبدیل نہیں ہونے دیا جاتا۔

۶.۹ ڈی پلٹ کار

گزشتہ حصہ میں آقا غلام پلٹ کار سے ڈی پلٹ کار حاصل کیا گیا، جس کے مداخل پر، کم از کم ایک دوری عرصہ دورانیہ کے لیے حال برقرار رکھنے کی شرط مسلط ہے۔ شکل ۶.۱۹ میں نسبتاً بہتر، (کنارہ چڑھائی پر عمل کار) ڈی پلٹ کار پیش ہے، جو **واقعی**، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر (نیا) حال اختیار کرتا ہے، اور جو **وسیع پیمانہ**

---

[۴۷] setuptime
[۴۸] holdtime



شکل ۶.۱۹: کنارہ چڑھائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار

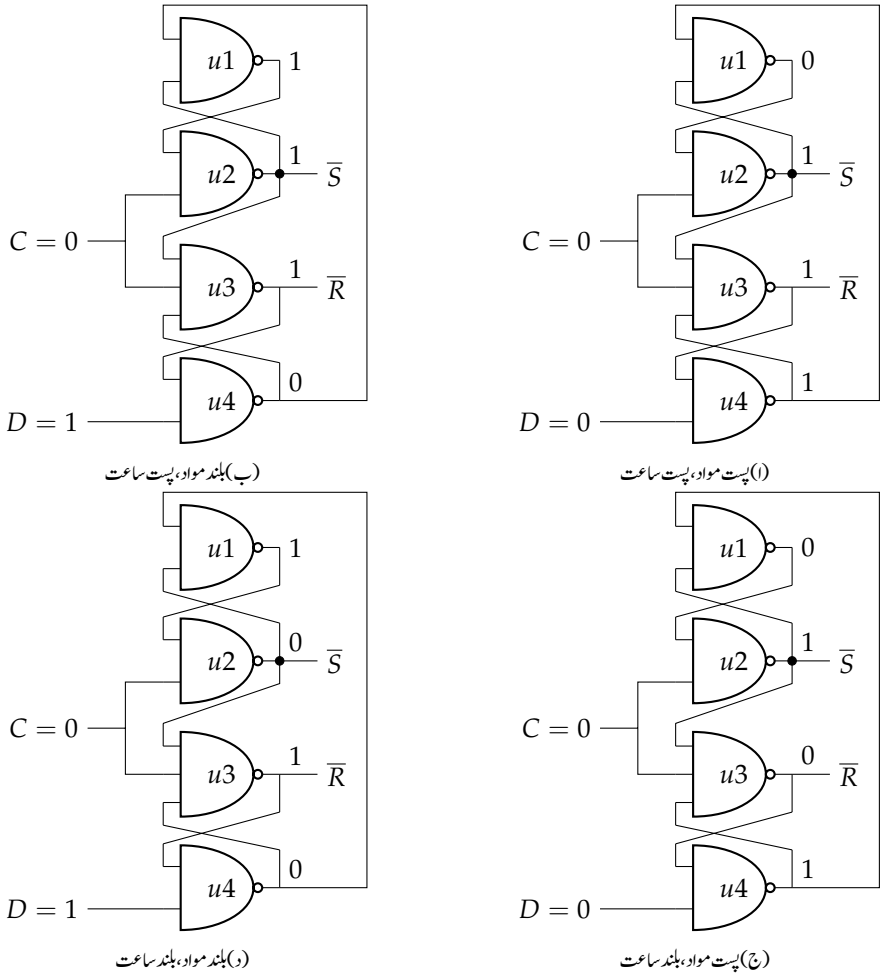
مخلوط ادوار[۲۹] میں باکثرت مستعمل ہے۔

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 $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ کے مطابق مخارج Q اور $\overline{Q}$ فراہم کرتا ہے۔ برقرار حال کے لیے $\overline{S}=1$ اور $\overline{R}=1$ درکار ہے، $\overline{S}=0$ اور $\overline{R}=1$ بلند حال، جبکہ $\overline{S}=1$ اور $\overline{R}=0$ پست حال دے گا، اور $\overline{S}=0$ اور $\overline{R}=0$ ممنوعہ ہے۔ مداخل $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ باقی دو ایس آر پلٹ کار پر منحصر ہیں، جنہیں بیرونی اشارات D (مواد) اور C (ساعت) تعین کرتے ہے۔

شکل ۶.۲۰ میں دور کی کارکردگی کی وضاحت کی گئی ہے، جہاں صرف گیٹ $u1$ تا $u4$ کو دکھاتے ہوئے تمام (چار) ممکنہ صورتیں پیش کی گئی ہیں۔ گیٹ $u2$ اور $u3$ کے مخارج $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ شکل ۶.۱۹ کے گیٹ $u5$ اور $u6$ کے ساتھ جڑے ہیں، جو ڈی پلٹ کار کے مخارج Q اور $\overline{Q}$ مہیا کرتے ہیں۔ شکل ۶.۲۰-الف اور ب میں پست ساعت $(C=0)$ کی صورت میں $D=0$ اور $D=1$ کے لیے گیٹوں کے ثنائی مخارج پیش ہیں۔ دونوں اشکال میں $C=0$ کی بدولت $u2$ اور $u3$ کے مخارج، D کی قیمت سے قطع نظر، بلند ہوں گے، لہٰذا $\overline{S}=1$ اور $\overline{R}=1$ ہوگا، جس کے تحت $u5$ ، $u6$ (پر مبنی تیسرا) پلٹ کار برقرار حال ہوگا۔ جب $D=0$ ہو، $u4$ کا مخارج 1 ہوگا، جو ($u2$ کے بلند مخارج کے ساتھ مل کر) $u1$ کا مخارج 0 کرے گا۔ جب $D=1$ ہو، (چونکہ $u3$ بلند ہے لہٰذا) $u4$ پست (0) ہوگا، جس کی وجہ سے $u1$ 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۔

کنارہ چڑھائی سے قبل ایک غیر مبہم وقت کے لیے، جو دورانیہ تیاری کہلاتا ہے، مداخل D کی قیمت لازماً مستقل رکھنی ہوگی۔ دورانیہ تیاری گیٹ $u4$ اور $u1$ کے دورانیہ ردعمل کا مجموعہ ہے، چونکہ D میں تبدیلی ان گیٹوں کے مخارج 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 $\overline{S}=1$ رہتا ہے، جبکہ $\overline{R}$ تبدیل ہو کر 0 ہو جائے گا (شکل-ج)۔ یوں (شکل ۶.۱۹ میں) ڈی پلٹ کار کا مخارج Q پست (0) حال اختیار کرے گا۔ اب اگر $C=1$ (یعنی بلند حال) کے دوران، D کی قیمت تبدیل ہو، ($\overline{R}$ کی بدولت جو 0 ہے) $u4$ بلند (1) رہے گا۔ گیٹ $u4$ صرف اس

[۲۹] verylargescaleintegration(VLSI)



شکل ۶.۲۰: کنارہ چڑھائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار کی کارکردگی۔

وقت حال تبدیل کر سکتا ہے جب ساعت دوبارہ پست (0) ہو؛ لیکن اس وقت $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ دونوں 1 ہوں گے، اور ڈی پلٹ کار برقرار حال ہو گا۔ البتہ، ساعت کے کنارہ چڑھائی کے بعد ایک غیر مبہم دورانیہ کے لیے، جو دورانیہ ٹھیراؤ کہلاتا ہے، D کی قیمت تبدیل نہیں ہونی چاہیے۔ دورانیہ ٹھیراؤ گیٹ $u3$ کے دورانیہ ردعمل کے برابر ہے، چونکہ، D کی قیمت سے قطع نظر، $u4$ کا مخارج 1 پر رکھنے کے لیے $\overline{R}$ کا 0 ہونا لازمی ہے۔

اگر $C = 1$ ہونے کے لمحے پر $D = 1$ ہو، تب $\overline{S}$ تبدیل ہو کر 0 ہو گا، جبکہ R کی قیمت 1 رہے گی (شکل-د)، جس کی وجہ سے (شکل ۶.۱۹ میں) ڈی پلٹ کار کا مخارج Q بلند (1) ہو گا۔ بلند ساعت $(C = 1)$ کے دوران، D کی تبدیلی $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ پر اثر انداز نہیں ہو گی، چونکہ $\overline{S}$ پست (0) ہے جو $u1$ کو 1 رکھے گا۔ جب C واپس 0 ہو، $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ دونوں 1 حال اختیار کر کے Q برقرار رکھیں گے۔

خلاصہ کچھ یوں ہے۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی پر D کی قیمت Q کو منتقل 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 چڑھائی سے ($u4$ اور $u1$ کے مجموعی دورانیہ ردعمل کے برابر وقفہ) دورانیہ تیاری کے برابر وقت قبل، ضروری ہے کہ D کی قیمت مستقل صورت اختیار کر لے۔ اسی طرح $\overline{R} = 0$ جو (D کی قیمت سے قطع نظر) $u4$ کو بلند کیے رکھتا ہے، کے لیے ضروری ہے کہ D کی قیمت کنارہ چڑھائی کے بعد دورانیہ ٹھیراؤ (جو $u3$ کے دورانیہ ردعمل کے برابر ہے) کے لیے تبدیل نہ ہو۔

آقا غلام پلٹ کار کی طرح، کنارہ پر عمل کار پلٹ کار، ترتیبی ادوار میں بازرسی کے مسائل سے چھٹکارا دیتا ہے۔ اس قسم کا ڈی پلٹ کار استعمال کرتے وقت دورانیہ تیاری اور دورانیہ ٹھیراؤ پر توجہ دینی ہو گی۔

ترتیبی ادوار میں مختلف پلٹ کار استعمال کرتے وقت، اس بات کو یقینی بنائیں کہ تمام پلٹ کار بیکوقت (یعنی تمام پلٹ کار ساعت کے کنارہ اترائی پر یا تمام پلٹ کار کنارہ چڑھائی 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 جا سکتا ہے۔

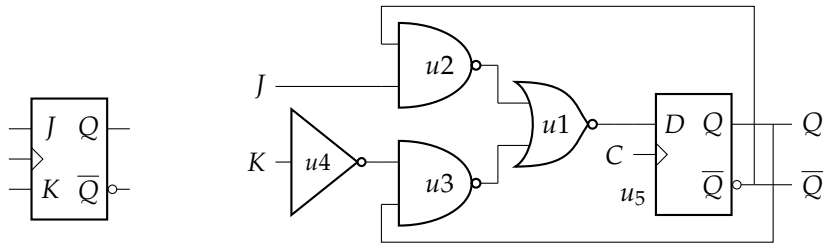
مشق ۶.۳: انٹرنیٹ سے ڈی پلٹ کار کے معلوماتی صفحات اتاریں۔ (ا) اس مخلوط دور میں کتنے ڈی پلٹ کار ہیں؟ (ب) یہ پلٹ کار ساعت کے کس کنارے پر عمل کار ہے؟

۶.۱۰ جے کے پلٹ کار

ڈی پلٹ کار استعمال کر کے مختلف اقسام کے پلٹ کار تشکیل دیے جا سکتے ہیں، جن میں **جے کے پلٹ کار**[۵۰] اور **ٹی پلٹ کار**[۵۱] بہت مقبول ہیں۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار کی بناوٹ شکل ۶.۲۱ میں، اور کارکردگی جدول ۶.۳-ب میں پیش ہے۔ کنارہ اترائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار بھی پایا جاتا ہے۔

---

[۵۰] JKFF
[۵۱] TFF



شکل ۶.۲۱: جے کے پلٹ کار کی بناوٹ اور علامت۔

شکل میں مداخل D ذیل ہو گا، جہاں پلٹ کار کے موجودہ مخارج Q_n اور $\overline{Q}_n$ لکھے گئے ہیں۔

$$D = J\overline{Q}_n + \overline{K}Q_n \tag{۶.۶}$$

ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر ڈی پلٹ کار اس مداخل کے تحت حال اختیار کرتا ہے، لہٰذا جے کے پلٹ کار کی کارکردگی کی مساوات درج ذیل ہو گی، جہاں موجودہ مخارج Q_n اور اگلا Q_{n+1} ہے۔

$$Q_{n+1} = J\overline{Q}_n + \overline{K}Q_n \tag{۶.۷}$$

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 مداخل $J = 0$ اور $K = 0$ ہیں، لہٰذا مساوات ۶.۶ کے تحت $D = 0$ ہو گا۔ یوں ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار پست حال اختیار کرتے ہوئے موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔ جدول کی دوسری صف میں موجودہ حال $Q_n = 1$ جبکہ مداخل $J = 0$ اور $K = 0$ ہیں، جن سے $D = 1$ حاصل ہو گا، لہٰذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار بلند حال اختیار کرتے ہوئے موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ $J = 0$ ، $K = 0$ کی صورت میں پلٹ کار برقرار حال $(Q_{n+1} = Q_n)$ ہو گا۔ 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 چڑھائی کی معلومات فراہم کی گئی۔

جے کے پلٹ کار کی کارکردگی درج ذیل ہے۔

JK	Q_{n+1}	
00	Q_n	برقرار حال
01	0	پست حال
10	1	بلند حال
11	$\overline{Q}_n$	متمم حال

(۶.۸)

اس مساوات کی پہلی تین صورتوں میں، J اور K بالترتیب S اور R مداخل 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 مداخل فعال ہونے کی اجازت ہے، جو حال متمم کرتے ہیں۔ دونوں مداخل غیر فعال ہونے کی صورت میں پلٹ کار موجودہ حال برقرار رکھتا ہے۔

جدول ۶.۳: کنارہ چڑھائی پر عمل کار جے کے پلٹ کار

(ا)

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	$\overline{Q}_n$
1	1	1	0	

(ب)

C	J	K	Q_{n+1}	
↑	0	0	Q_n	برقرار حال
↑	0	1	0	پست حال
↑	1	0	1	بلند حال
↑	1	1	$\overline{Q}_n$	متمم حال

مشق ۶.۴: جدول ۶.۳-الف اور ب کی تصدیق کریں۔

۶.۱۰.۱ ٹی پلٹ کار

جے کے پلٹ کار کے دونوں مداخل آپس میں جوڑنے سے **ٹی پلٹ کار**[۵۲] حاصل ہو گا، جو شکل ۶.۲۲ میں بمع علامت اور جدول پیش ہے۔

پست مداخل $(T = 0)$ کی صورت میں ٹی پلٹ کار برقرار حال رہے گا، جبکہ بلند مداخل $(T = 1)$ کی صورت میں ساعت کے کنارہ چڑھائی پر متمم حال اختیار کرے گی۔ یوں بلند T کی صورت میں بلند پلٹ کار اگلے کنارہ چڑھائی پر پست ہو گا، جبکہ پست پلٹ کار اگلے کنارہ چڑھائی پر بلند ہو گا۔

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۔

[۵۲] TFF

C	T	Q_{n+1}
0	x	Q_n
1	x	Q_n
$\uparrow$	0	Q_n
$\uparrow$	1	$\overline{Q}_n$

شکل ۶.۲۲: ٹی پلٹ کار کی بناوٹ اور علامت

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۔

۶.۱۱ ثنائی 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۔

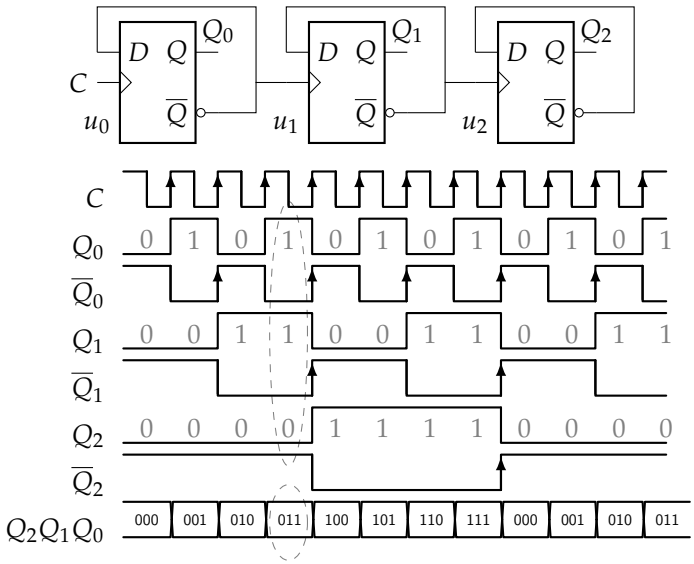
پلٹ کار u_0 ساعت (C) کا تعدد 2 سے تقسیم کرتا ہے۔ اس کے دونوں مخارج شکل میں پیش ہیں، جو ساعت کے کنارہ چڑھائی پر حال تبدیل کرتے ہیں، اور جن کا تعدد C کے تعدد کا نصف ہے۔ اشارہ $\overline{Q}_0$ پلٹ کار u_1 کو بطور ساعت مہیا کیا گیا ہے، جس کو u_1 دو سے تقسیم کرتا ہے۔ یوں Q_1 کا تعدد C کے تعدد سے 4 گنا کم ہو گا۔ پلٹ کار u_1 کا مخارج $\overline{Q}_1$، تیسرے پلٹ کار کی ساعت ہے جو اسے 2 سے تقسیم کرے گا، لہٰذا Q_2 کا تعدد C کے تعدد سے 8 گنا کم ہو گا۔

پلٹ کار کے مخارج، ثنائی 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 پست 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 ثنائی عدد کے روپ میں) گنتا ہے، جس کی وجہ سے اس کا نام **تین ہندسی، ثنائی 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) سے شروع کرتا ہے۔ ساعت C کے بجائے گنت کار کو کوئی بھی عددی اشارہ گنتی کے لیے فراہم کیا جا سکتا ہے۔ گنت کار اشارے کے کنارہ چڑھائی کی گنتی کر کے نتیجہ مہیا کرے گا۔

---

[۵۳] threebitbinarycounter



شکل ۶.۲۳: تین ہندسی ثنائی گنت کار

ڈی پلٹ کار کی تعداد 4 کر کے، سولہ $(2^4 = 16)$ کنارے گننے کے قابل گنت کار بنایا جا سکتا ہے جو صفر (0000_2) تا پندرہ (1111_2) گنتی کرے گا۔ یوں n پلٹ کار پر مشتمل ثنائی گنت کار 2^n کنارے گننے کے قابل ہو گا۔

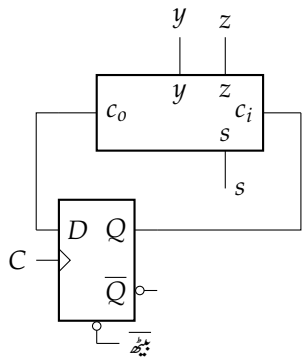
۶.۱۲ سلسلہ وار ثنائی جمع کار

شکل ۶.۲۴ میں مکمل جمع کار (u_1) اور ڈی پلٹ کار (u_2) کی مدد سے اصطلاحاً سلسلہ وار ثنائی جمع کار[۵۴] تشکیل دیا گیا ہے (مکمل جمع کار کی ڈبہ علامت کو یوں بنایا گیا ہے کہ دور میں صفائی پیدا ہو)۔ مکمل جمع کار کو جمع کرنے والے دو ثنائی اعداد x اور y سلسلہ وار فراہم کیے جاتے ہیں۔ کمتر رتبی بٹ سے شروع کر کے ساعت کے ہر کنارہ چڑھائی پر دونوں اعداد کے اگلے بِٹ فراہم کیے 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 صفر ہو۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ s پر سلسلہ وار دونوں ثنائی اعداد کا مجموعہ خارج ہو گا۔

اس باب کے آخر میں آپ سے گزارش کی جائے گی کہ سلسلہ وار ثنائی جمع کار استعمال کرتے ہوئے دو ثنائی اعداد جمع کریں۔

---

[۵۴] binaryserialcounter



شکل ۶.۲۴: سلسلہ وار ثنائی جمع کار

۶.۱۳ معاصر ترتیبی ادوار کا تجزیہ

ساعت پر عمل کار، پلٹ کار پر مبنی ادوار **معاصر ترتیبی ادوار**[۵۵] کہلاتے ہیں، جو پلٹ کار کے موجودہ حال اور مداخل 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 متن سے واضح ہو گا)۔ 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 نئے حال پر اثر انداز ہو سکتا ہے، لہٰذا نئے حال دریافت کرتے وقت موجودہ حال (کو بھی) مداخل تصور کریں۔ ترکیبی ادوار کی طرح ترتیبی ادوار کا جدول، جو **حال کا جدول**[۵۶] کہلاتا ہے، نئے حال دریافت کرنے میں مددگار ثابت ہو گا۔ نیا حال **مساواتِ حال**[۵۷] سے بھی حاصل کیا جا سکتا ہے۔ دونوں طریقوں پر غور مثالوں کی مدد سے کرتے ہیں۔

۶.۱۳.۱ مساوات حال

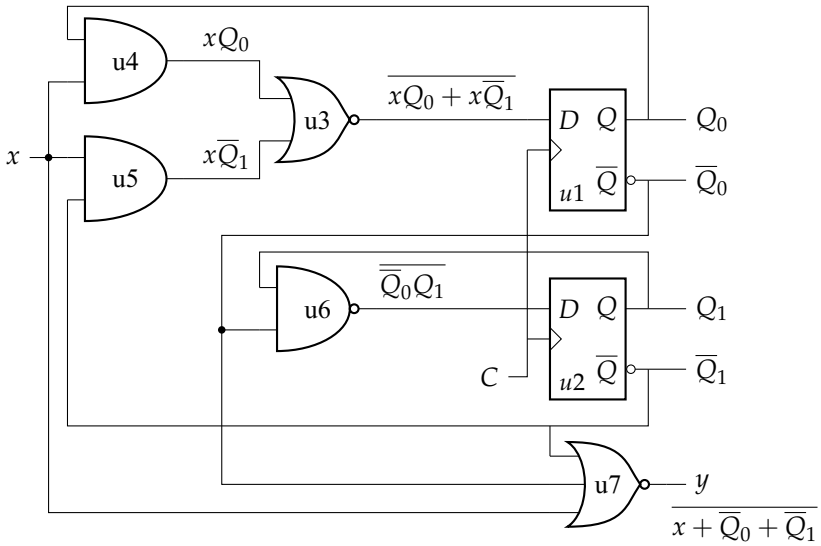
دور کے موجودہ حال اور موجودہ مداخل کے روپ میں، مساوات حال دور کے اگلے حال بیان کرتی ہیں۔ کنارہ ساعت پر دور اگلے (نئے) حال اختیار کرتا ہے۔ یوں، ساعت کے n کنارے گزرنے کے بعد حال کو موجودہ حال تصور کر کے، اس کے لیے اشاریہ n استعمال کرتے ہوئے، مثلاً $Q(n)$، اگلا حال $Q(n+1)$ ہو گا۔

شکل ۶.۲۵ مثال بنا کر آگے بڑھتے ہیں، جہاں کنارہ چڑھائی پر عمل کار ڈی پلٹ کار مستعمل ہیں۔ موجودہ مداخل $x(n)$ جبکہ موجودہ مخارج $Q_0(n)$ اور $Q_1(n)$ ہیں۔ ان تینوں کو مداخل تصور کر کے D_0 کی ترکیبی مساوات لکھتے ہیں۔ ضرب گیٹ $u4$ کا مخارج xQ_0 اور $u5$ کا $x\overline{Q}_1$ ہے، جو متمم جمع $u3$ کے مداخل ہیں، لہٰذا (بالائی پلٹ کار کا مداخل) D_0 جو $u3$ کا مخارج ہے، ان کے منطقی جمع کا متمم ہو گا۔

$$D_0(n) = \overline{x(n)Q_0(n) + x(n)\overline{Q}_1(n)}$$

---

[۵۵] synchronoussequentialcircuits
[۵۶] statetable
[۵۷] stateequation



شکل ۶.۲۵: ترتیبی دور بطور مثال

اس مساوات میں ہر جزو کے ساتھ (n) چسپاں کر کے واضح کیا گیا کہ یہ موجودہ متغیرات ہیں۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی پر ی $u1$ اس مساوات کے مطابق اگلا حال اختیار کرے گا۔ یوں، نیا حال $Q_0(n+1)$ درج ذیل ہو گا۔

$$Q_0(n+1) = \overline{x(n)Q_0(n) + x(n)\overline{Q}_1(n)} \tag{۶.۱۰}$$

اسی طرح متمم ضرب $u6$ کے مداخل $\overline{Q}_0$ ، Q_1 لہٰذا مخارج $\overline{\overline{Q}_0 Q_1}$ ہو گا، جو پلٹ کار $u2$ کا مداخل D_1 ہے۔ یوں اس پلٹ کار کا اگلا حال درج ذیل ہو گا۔

$$Q_1(n+1) = \overline{\overline{Q}_0(n)Q_1(n)} \tag{۶.۱۱}$$

تیسرا مخارج y ہے جو متمم جمع $u7$ کا مخارج $\overline{x + \overline{Q}_0 + \overline{Q}_1}$ ہے، اور جو ساعت کا تابع نہیں، لہٰذا y صرف موجودہ حال اور مداخل پر منحصر ہے، یعنی یہ ہر صورت موجودہ مخارج ہو گا۔

$$y(n) = \overline{x(n) + \overline{Q}_0(n) + \overline{Q}_1(n)} \tag{۶.۱۲}$$

مساوات ۶.۱۰ تا ۶.۱۲ میں بار بار (n) اور $(n+1)$ لکھنے سے گریز کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} Q_0 &= \overline{xQ_0 + x\overline{Q}_1} \\ Q_1 &= \overline{\overline{Q}_0 Q_1} \\ y &= \overline{x + \overline{Q}_0 + \overline{Q}_1} \end{aligned} \tag{۶.۱۳}$$

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_1Q_0	Q_1Q_0	Q_1Q_0	y	y
00	11	10	0	0
01	11	10	0	0
10	01	01	0	0
11	11	10	1	0

۶.۱۳.۲ حال کا جدول

معاصر حال جدول میں لکھے جا سکتے ہیں۔ شکل ۶.۲۵ کی مثال آگے بڑھاتے ہوئے مساوات ۶.۱۳ سے جدول لکھتے ہیں۔ موجودہ مداخل (x) اور موجودہ حال (Q_0 ، Q_1) 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۔ مساوات 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 ہو گا، جو **حال کا جدول**[۵۸] کہلاتا ہے۔

۶.۱۳.۳ حال کا خاکہ

حال کے جدول میں موجود معلومات کا خاکہ بنایا جا سکتا ہے جو **حال کا خاکہ**[۵۹] 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 تیر دار لکیر سے ظاہر کی جاتی ہے، جس کی دم موجودہ حال پر اور سر اگلے حال پر رکھا جاتا ہے۔ تیر دار 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۔

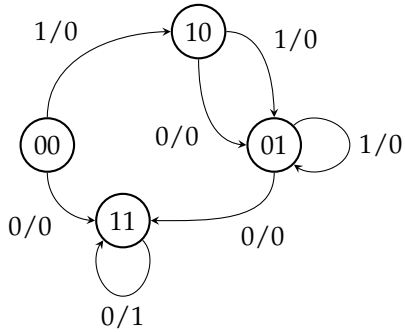
شکل ۶.۲۵ کے ترتیبی دور میں دو پلٹ کار مستعمل ہیں، جن کا حال Q_1Q_0 لکھ کر 00 ، 01 ، 10 ،اور 11 ممکن حال ہیں۔ حال 00 سے 10 انتقال کی تیر دار لکیر پر $1/0$ لکھا گیا ہے، جس کے تحت انتقال $x=1$ کی بدولت پیش آیا اور $y=0$ ہے۔

حال کا خاکہ دیکھ کر کئی حقائق با آسانی واضح ہوں گے۔ مثلاً، خاکہ دیکھ کر واضح ہے یہ دور کسی دوسرے حال سے 00 منتقل نہیں ہو گا؛ حال 10 سے یہ اگلے قدم میں 01 منتقل ہو گا، جس کے بعد جب تک $x=1$ رہے حال تبدیل نہیں ہو گا اور $x=0$ کرنے سے حال 11 حاصل ہو گا، جس سے نکلنے کا کوئی راستہ موجود نہیں۔

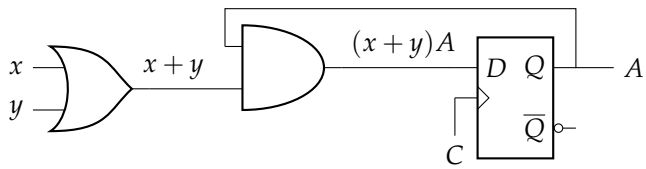
حال کا خاکہ اور حال کا جدول ایک ہی معلومات دو مختلف طریقوں سے پیش کرتے ہیں۔ دونوں میں پیش معلومات ہر طرح یکساں ہے۔

---

[۵۸] statetable
[۵۹] statediagram



شکل ۶.۲۶: حال کا خاکہ (برائے شکل ۶.۲۵)



شکل ۶.۲۷: ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور۔

۶.۱۳.۴ ڈی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

ترتیبی ادوار کے حل کی مزید مثالوں پر غور کرتے ہیں۔ پہلی مثال ڈی پلٹ کار پر مبنی ہے جو شکل ۶.۲۷ میں پیش ہے۔ دور میں ایک پلٹ کار پایا جاتا ہے جس کا مخارج A لکھ کر، مداخل $A(x+y)$ ہوگا۔

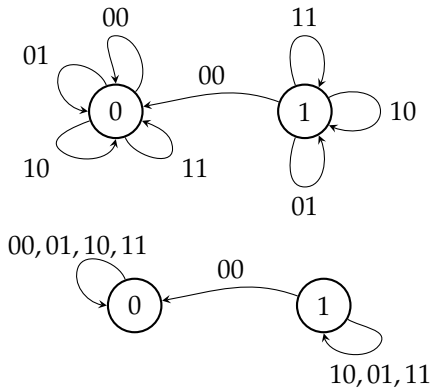
ساعت کے کنارہ چڑھائی پر ڈی پلٹ کار مداخل کے تحت نیا حال اختیار کرتا ہے، لہٰذا اگلے حال کی مساوات درج ذیل ہوگی

$$A(n+1) = A(n)(x(n) + y(n))$$

جس کی سادہ صورت ذیل ہے۔

$$A = A(x+y)$$

اس مساوات کے نتائج شکل ۶.۲۸ میں جدول میں پیش ہیں۔ حال کا خاکہ اور اس کا سادہ روپ (نچلا خاکہ) بھی شکل پیش ہیں۔ پلٹ کار کے حال 0 اور 1 دائروں میں رکھے گئے ہیں، جبکہ ان کے بیچ انتقال تیر دار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ تیر دار لکیروں پر مداخل xy کی موجودہ قیمتیں لکھی گئی ہیں۔ ایک ہی حال میں رہنے کے تمام ممکنات کو اکٹھا بھی لکھا جا سکتا ہے، جیسے نچلے خاکہ میں کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ حال 1 سے 0 اس وقت انتقال ہوگا جب مداخل 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۔



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 خاکہ (برائے شکل ۶.۲۷)

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۔ بالا پلٹ کار کا حال Q_A اور مداخل J_A ، K_A ہیں، جبکہ زیریں پلٹ کار کا حال Q_B اور مداخل J_B ، K_B ہیں۔

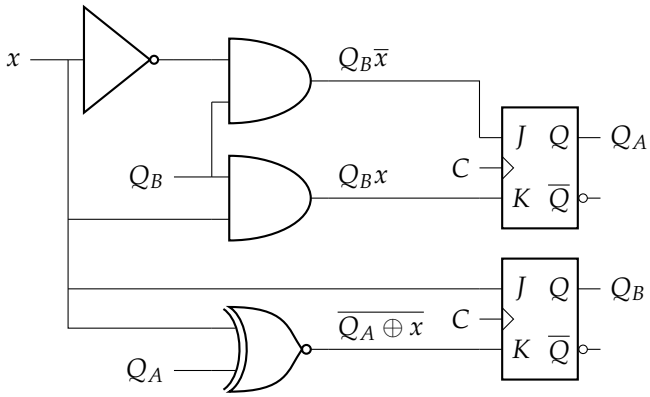
دور میں متمم بلا شرکت جمع گیٹ کا ایک مداخل Q_A ہے جو بالائی پلٹ کار کا موجودہ حال ہے۔ پلٹ کار کے مخارج سے گیٹ کے مداخل تک تار کھینچنے کے بجائے دونوں کا نام (Q_A) رکھا گیا ہے۔ جب بھی دو مقامات کا ایک نام رکھا جائے، انہیں آپس میں برقی طور جڑا تصور کریں۔ یوں، دونوں ضرب گیٹ کا ایک ایک مداخل زیریں پلٹ کار کے مخارج سے جڑا ہے۔

مداخل کی مساوات ذیل ہیں۔

$$
\begin{aligned}
J_A &= \overline{x} Q_B \\
K_A &= x Q_B \\
J_B &= x \\
K_B &= \overline{x \oplus Q_A}
\end{aligned}
\tag{۶.۱۴}
$$

ان مساوات سے جدول ۶.۵ حاصل ہو گا، جس سے اضافی مواد نکال کر حال کا جدول حاصل ہو گا (شکل ۶.۳۰)۔ حال کے جدول سے حاصل حال کا خاکہ بھی شکل میں پیش ہے۔

مساوات ۶.۱۴ سے جدول ۶.۵ لکھتے ہوئے موجودہ حال Q_A ، Q_B اور مداخل x کی تمام ممکنات 000_2 تا 111_2 لکھیں (جدول میں بائیں ہاتھ تین قطاریں)۔ ہر صف کے لیے پلٹ کار کے مطابقتی موجودہ مداخل J_A ، K_A ، J_B ، اور K_B مساوات ۶.۱۴ سے حاصل کریں۔ یوں پہلی صف کے



شکل ۶.۲۹: جے کے پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور

لیے، جہاں موجودہ قیمتیں $Q_A = 0$ ، $Q_B = 0$ ،اور $x = 0$ ہیں، درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$\begin{aligned}
J_A &= \overline{x}Q_B = \overline{0} \cdot 0 = 1 \cdot 0 = 0 \\
K_A &= xQ_B = 0 \cdot 0 = 0 \\
J_B &= x = 0 \\
K_B &= \overline{x \oplus Q_A} = \overline{0 \oplus 0} = \overline{0} = 1
\end{aligned}$$

انہیں جدول کی پہلی صف میں درج کریں۔ پلٹ کار کے موجودہ مداخل جانتے ہوئے ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر اگلے حال مساوات ۶.۷ $(Q(n+1) = J\overline{Q}_n + \overline{K}Q_n)$ یا مساوات ۶.۸ سے

$$\begin{aligned}
Q_A &= J_A\overline{Q}_A + \overline{K}_AQ_A = 0 \cdot \overline{0} + \overline{0} \cdot 0 = 0 \cdot 1 + 1 \cdot 0 = 0 + 0 = 0 \\
Q_B &= J_B\overline{Q}_B + \overline{K}_BQ_B = 0 \cdot \overline{0} + \overline{1} \cdot 0 =
\end{aligned}$$

حاصل کر کے جدول کی پہلی صف میں درج کریں۔ باقی صف کے لیے مواد حاصل کے کے جدول بھریں۔

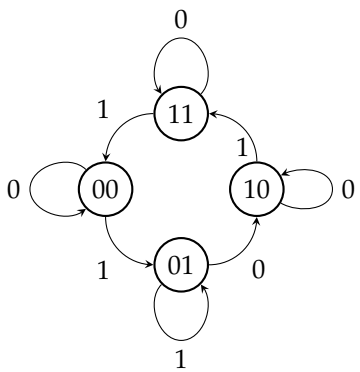
آپ J اور K کی مساوات استعمال کر کے بھی Q تلاش کر سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
Q_A(n+1) &= J_A\overline{Q}_A + \overline{K}_AQ_A = (\overline{x}Q_B)\overline{Q}_A + (\overline{xQ_B})Q_A \\
Q_B(n+1) &= J_B\overline{Q}_B + \overline{K}_BQ_B = x\overline{Q}_B + (\overline{\overline{x \oplus Q_A}})Q_B
\end{aligned}$$

حال کے خاکہ (شکل ۶.۳۰) پر توجہ دیں۔ حال 00 سے 01 اور یہاں سے 10 اور اس کے بعد 11 جایا جا سکتا ہے، جس کے بعد دوبارہ 00 سے پوری کہانی شروع ہو گی۔ یہ 00 تا 11 ثنائی گنت کار معلوم ہوتا ہے۔ ماسوائے حال 11 کے، ہر مرتبہ x تبدیل کرنے سے حال تبدیل ہو گا۔ یوں 00 میں جب تک $x = 0$ رہے، دو راسی حال میں رہتا ہے، البتہ x بلند کرنے سے 01 حال حاصل ہو گا، جہاں اس وقت تک رہا جائے گا جب تک $x = 1$ رہے۔

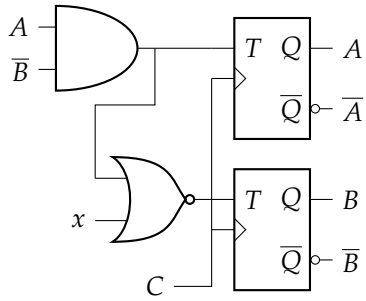
جدول ۶.۵: جے کے پلٹ کار دور کی مساوات ۶.۱۴ سے حاصل جدول

موجودہ مداخل اور حال			پلٹ کار کے مداخل				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	اگلا حال	
	$x = 0$	$x = 1$
Q_AQ_B	Q_AQ_B	Q_AQ_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

۶.۱۳.۶ ٹی پلٹ کار کی مدد سے ترتیبی دور کا جائزہ

شکل ۶.۳۱ میں ٹی پلٹ کار پر مبنی ترتیبی دور پیش ہے۔ پلٹ کار کے حال A اور B سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ یوں پہلے پلٹ کار کا مداخل 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۔

$$\begin{aligned} A_{n+1} &= T_A \oplus A = T_A\overline{A} + \overline{T}_A A \\ B_{n+1} &= T_B \oplus B = T_B\overline{B} + \overline{T}_B B \end{aligned} \tag{۶.۱۵}$$

پلٹ کار کے مداخل کی مساوات شکل ۶.۳۱ سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} T_A &= A\overline{B} \\ T_B &= \overline{A\overline{B} + x} \end{aligned}$$

ان مساوات کو مساوات ۶.۱۵ میں ڈالنے سے پلٹ کار کے حال کی مساواتیں حاصل ہوں گی:

$$\begin{aligned} A_{n+1} &= (A\overline{B}) \oplus A \\ B_{n+1} &= (\overline{A\overline{B} + x}) \oplus B \end{aligned}$$

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 (000_2 تا 111_2) پہلی تین قطاروں میں بھر کر، ہر صف کے لیے مطابقتی موجودہ مداخل حاصل کیے جاتے ہیں، جنہیں دائیں قطاروں میں لکھا گیا ہے۔ موجودہ مداخل سے ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر اگلے حال حاصل ہوں گے۔ جدول ۶.۶-الف سے جدول-ب لکھا جا سکتا ہے، جو حال کا جدول کہلاتا ہے۔

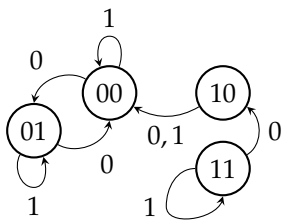
جدول ۶.۶: ٹی پلٹ کا ردور (شکل ۶.۳۱) کا حال کا جدول

(ا)

موجودہ مواد			اگلا حال		مداخل	
A	B	x	A	B	T_A	T_B
0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	0

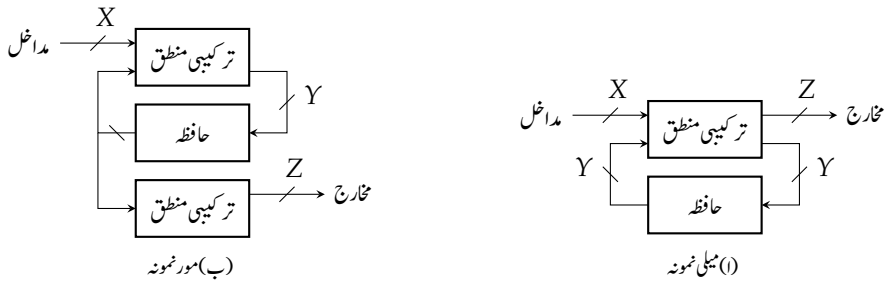
(ب)

موجودہ	اگلا حال	
	$x = 0$	$x = 1$
AB	AB	AB
00	01	00
01	00	01
10	00	00
11	10	11



شکل ۶.۳۲: حال کا خاکہ برائے شکل ۶.۳۱ اور جدول ۶.۶

حال کے جدول کے مواد کو حال کے خاکہ 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 خاکہ میں حال کو گول دائرہ میں لکھا جاتا ہے، اور ایک حال سے دوسرے حال (یا اسی حال) انتقال کو تیر 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 خاکہ میں 00 حال سے ابتدا اور اختتام کرنے والی تیر 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 تیر دار لکیر ظاہر کرتی ہے، جس پر 0 لکھا گیا ہے۔



شکل ۶.۳۳: مور اور میلی نمونے

۶.۱۴ میلی اور مور نمونہ

ترتیبی دور میں مداخل، مخارج اور اندرونی حال پائے جاتے ہیں۔ ترتیبی ادوار کے دو نمونے پائے جاتے ہیں، جنہیں **میلی نمونہ**[۶۰] اور **مُور نمونہ**[۶۱] کہتے ہیں۔ میلی نمونہ میں مخارج کا دارومدار موجودہ مداخل اور موجودہ اندونی حال پر، جبکہ مور نمونہ میں صرف موجودہ حال پر ہوگا۔ یہ دو نمونے شکل ۶.۳۳ میں پیش ہیں۔

ان اشکال میں مداخل تیر دار لکیر پر ترچھی لکیر کھینچ کر X لکھا گیا ہے، جو مداخل ثنائی ہندسوں (بِٹ) کی تعداد بیان کرتا ہے۔ یوں $X = 8$ کی صورت میں ایک ایک بٹ کے آٹھ مداخل ہوں گے۔ حافظہ کے مداخل اور مخارج کی تعداد برابر ہوگی، لہٰذا اس کے مداخل (یا مخارج) پر Y لکھنے کے بعد مخارج (یا مداخل) پر صرف ترچھی 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 کے بجائے دیگر ناموں سے حال ظاہر کر کے حال کا خاکہ سمجھنا آسان بنایا جا سکتا ہے (درج ذیل مثال دیکھیں)۔

مثال ۶.۱: ایسے ایک مداخل، ایک مخارج معاصر ترتیبی دور کا حال کا خاکہ تیار کریں، جو 110_2 مداخل کے حصول پر 1 خارج کرتا ہو۔ بلند رتبی بِٹ پہلا بِٹ تصور کریں۔ ایسے دور کو **ترتیب شناس**[۶۲] کہتے ہیں۔

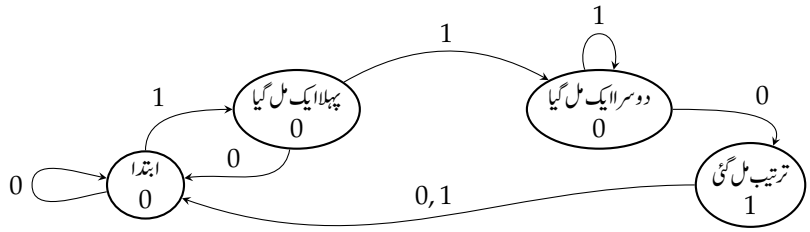
حل: شکل ۶.۳۴ میں حال کا خاکہ پیش ہے، جسے دیکھ کر دور کی کارکردگی سمجھنا آسان ہے۔ دائرے میں حال کا نام، اور نام کے نیچے 0 یا 1 موجودہ مخارج ظاہر کرتا ہے۔ □

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 باضابطہ طریقہ کار درج ذیل ہے۔

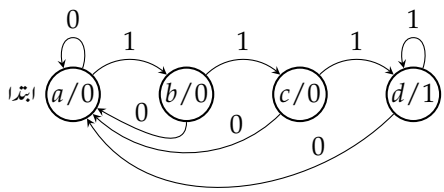
---

[۶۰] Mealy
[۶۱] Moore
[۶۲] sequencedetector



شکل ۶.۳۴: حال کو الفاظ سے پکار کر خاکہ بہتر سمجھ آتا ہے (مثال ۶.۱)

موجودہ حال	موجودہ مداخل	اگلا حال	موجودہ مخارج
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)

۱. مسئلہ کے بیان سے حال کا خاکہ تیار کریں۔
۲. درکار حال کی تعداد کم کریں۔
۳. ہر حال (کو ظاہر کرنے) کی منفرد ثنائی قیمت منتخب کریں۔
۴. حال کا جدول حاصل کریں۔
۵. پلٹ کار (کی قسم) کا انتخاب کریں۔
۶. پلٹ کار کی داخلی اور خارجی 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 مداخل کے حصول پر 1 خارج کرے۔

حل: ترتیب شناس کی کارکردگی کے بیان سے شکل ۶.۳۵ کا حال کا خاکہ کھینچا جاتا ہے۔ گول دائروں میں ترچھی لکیر سے اوپر حال کا نام اور نیچے مخارج کی قیمت لکھی گئی ہے۔ شناس کا ابتدائی حال a اور مخارج پست (0) ہے۔ پہلی 1 کی حصول کے بعد حال b اور مخارج پست ہو گا۔ دوسری 1 کے بعد حال c

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

اور مخارج پست، تیسری 1 کے بعد حال d اور مخارج بلند ہو گا۔ مزید 1 ملنے سے شناس حال d میں رہتے ہوئے مخارج بلند رکھتا ہے۔ کسی بھی موقع پر 0 کا حصول، شناس کو واپس ابتدائی حال a منتقل کرتا ہے۔ حال کے خاکہ سے حاصل جدول، شکل ۶.۳۵ میں پیش ہے، جس میں بائیں ہاتھ موجودہ مداخل اور موجودہ حال، جبکہ دائیں ہاتھ اگلا حال اور موجودہ مخارج درج ہیں۔

حال کے خاکہ سے واضح ہے کہ حال کی تعداد چار ہے، جنہیں دوبِٹ کا ثنائی عدد ظاہر کر سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} a &= 00 \\ b &= 01 \\ c &= 10 \\ d &= 11 \end{aligned} \tag{۶.۱۶}$$

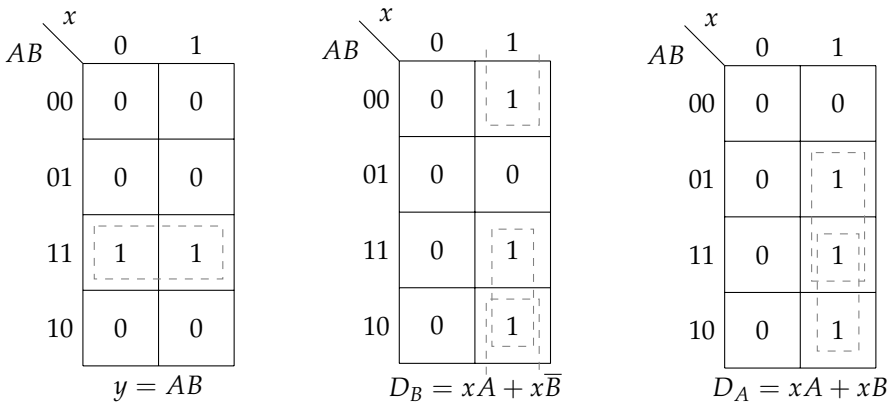
(آپ کوئی دوسری انتخاب کر سکتے ہیں۔ مشق ۶.۷ دیکھیں۔) دوبِٹ کے لیے دو پلٹ کار درکار ہوں گے۔ ہم ڈی پلٹ کار منتخب کر کے، ان کے مخارج A اور B، اور مداخل D_A اور D_B لکھتے ہیں۔

ثنائی 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۔

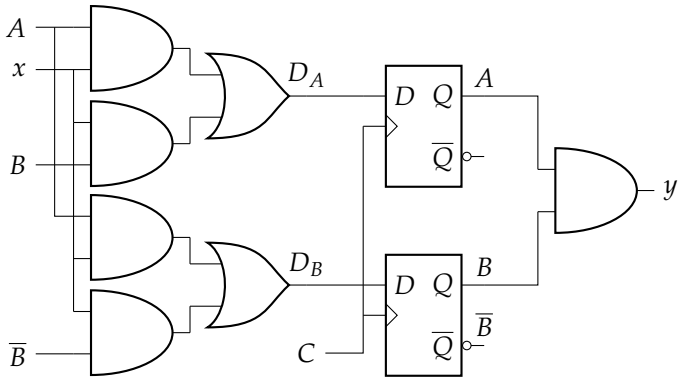
$$\begin{aligned} A(n+1) = D_A(A,B,x) &= \sum(3,5,7) \\ B(n+1) = D_B(A,B,x) &= \sum(1,5,7) \\ y(A,B,x) &= \sum(6,7) \end{aligned}$$

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 ہو گا۔

$$\begin{aligned} D_A &= Ax + Bx \\ D_B &= Ax + \overline{B}x \\ y &= AB \end{aligned}$$



شکل ۶.۳۶: کارناف نقشے برائے مثال ۶.۲



شکل ۶.۳۷: ترتیب شناس (مثال ۶.۲)

ترتیب شناس ابتدائی پست حال میں $\overline{\text{بیٹھ}}$ اشارہ کی مدد سے لایا جاتا ہے، جو شکل میں نہیں دکھایا گیا۔ □

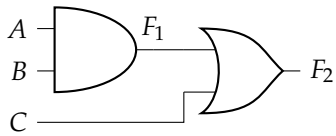
مشق ۶.۷: مساوات ۶.۱۶ میں حال کے اظہار کا ایک انتخاب دکھایا گیا ہے۔ آپ کوئی دوسرا انتخاب کر سکتے ہیں، مثلاً $a = 01$ ، $b = 10$ ، $c = 11$ ، اور $d = 00$ جس سے دوسرا دور حاصل ہو گا۔ یہ دور حاصل کریں۔

سوالات

سوال ۶.۱: ثابت کریں جے کے پلٹ کے مخارج $\overline{Q}_{n+1}$ کی مساوات درج ذیل ہے۔

$$\overline{Q}_{n+1} = \overline{J}\,\overline{Q} + KQ$$

سوال ۶.۲: شکل میں ضرب گیٹ کا دورانیہ ردعمل 10 نینو سیکنڈ جبکہ جمع گیٹ کا 15 نینو سیکنڈ ہے۔ تینوں مداخل بیک وقت تبدیل کیے جاتے ہیں۔ کتنی دیر بعد مخارج F_1 اور F_2 مستحکم حال میں ہوں گے؟

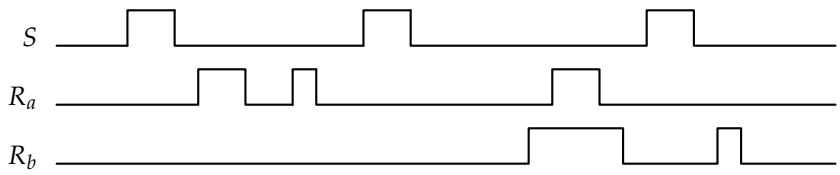


جواب: 10 ns ، 25 ns

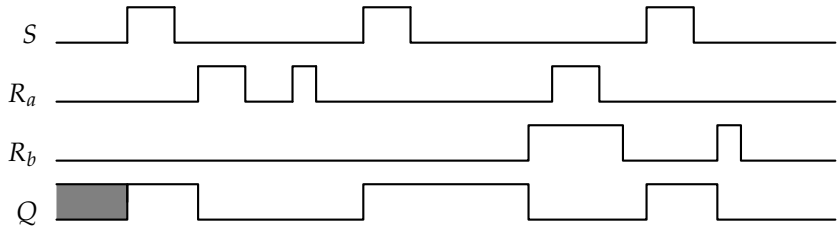
سوال ۶.۳: ایک کمپیوٹر 2 GHz ساعتی اشارے سے چلتا ہے۔ یہ اشارہ تیس فی صد وقت بلند رہتا ہے جبکہ اس کا دورانیہ اترائی پانچ فی صد اور دورانیہ چڑھائی پانچ فی صد وقت لیتے ہیں۔ ساعتی اشارے کا دوری عرصہ، دورانیہ چڑھائی اور پست دورانیہ حاصل کریں۔

جواب: 5×10^{-10} s ، 2.5×10^{-11} s ، 3×10^{-10} s

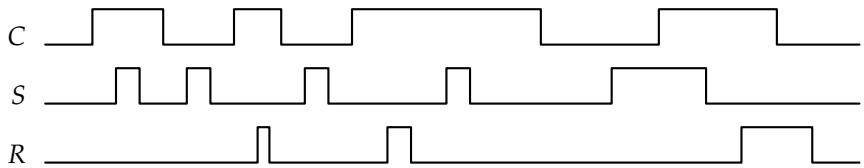
سوال ۶.۴: جمع متمم گیٹ پر مبنی متعدد (بلند فعال) مداخل ایس آر پلٹ کے مداخل ترسیم کیے گئے ہیں۔ اس کا مخارج ترسیم کریں۔



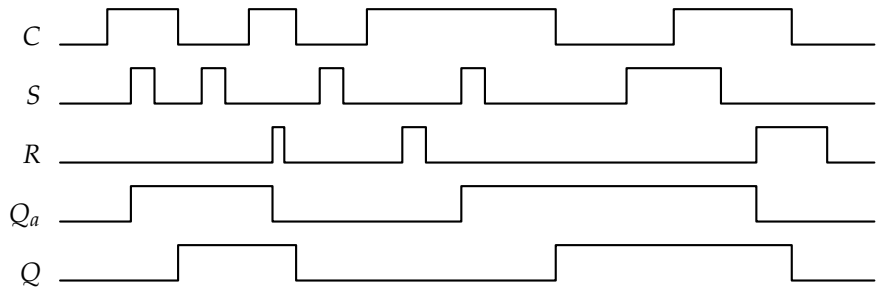
جواب:



سوال ۶.۵: آقا و غلام پلٹ کے مداخل ترسیم کیے گئے ہیں۔ آقا مخارج Q_a اور غلام مخارج Q ترسیم کریں۔



جواب:



سوال ۶.۶: شکل ۶.۲۴ میں سلسلہ وار ثنائی جمع کار پیش ہے۔ اسے استعمال کرتے ہوئے 10110011_2 اور 00110011_2 قدم بہ قدم جمع کریں۔ ہر قدم پر تمام مقامات 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 مستعمل ہیں۔ دور کی مساوات درج ذیل ہیں۔ یاد

رہے ہم $A(t+1)$ کو اگلا حال جبکہ $A(t)$ کو موجودہ حال یا بازرسی اشارہ تصور کر سکتے ہیں۔

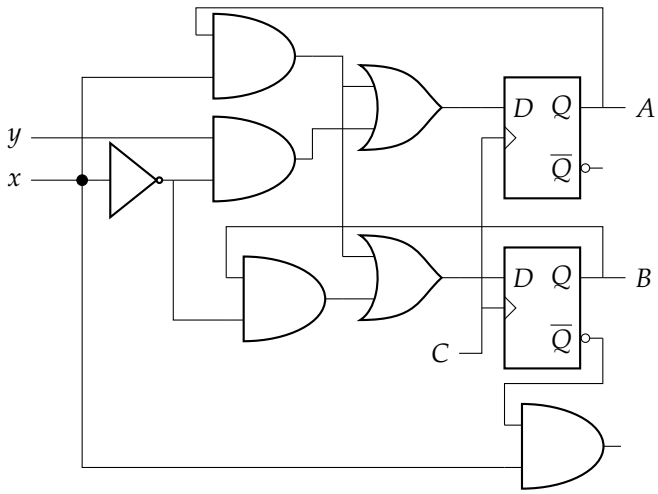
$$
\begin{aligned}
A(t+1) &= \overline{x}y + xA(t) \\
B(t+1) &= \overline{x}B(t) + xA(t) \\
z(t) &= x\overline{B}(t)
\end{aligned}
$$

ا. ترتیبی دور بنائیں۔

ب. ان مساوات سے حال کا جدول حاصل کریں۔

ج. حال کے جدول سے حال کا خاکہ حاصل کریں۔

جواب:



	x=1		x=0	
AB	$y=1$	$y=0$	$y=1$	$y=0$
00	00	00	10	00
01	00	00	11	01
10	11	11	10	00
11	11	11	11	01

سوال ۶.۸: مداخل x اور دو جے کے پلٹ، A اور B ، پر مبنی ترتیبی دور درج ذیل مساوات پر پورا اترتا ہے۔

$$
\begin{aligned}
J_A &= \overline{B} \\
K_A &= x \\
J_B &= A \\
K_B &= x
\end{aligned}
$$

ا. ان سے حال کی مساوات $A(t+1)$ اور $B(t+1)$ حاصل کریں۔

ب. ان مساوات سے حال کا خاکہ بنائیں۔

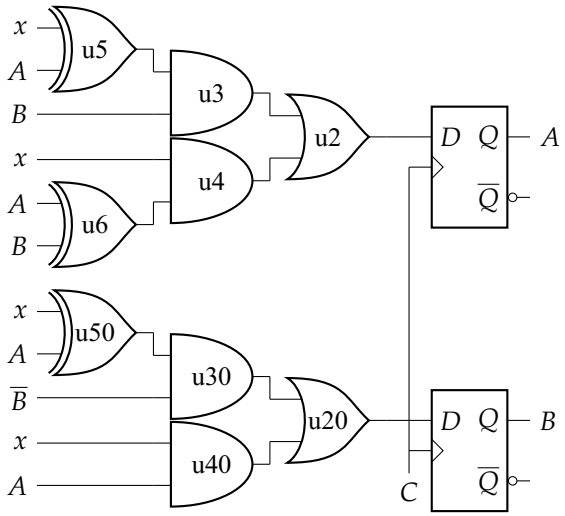
جواب:

$$
\begin{aligned}
A(t+1) &= \overline{B}\,\overline{A} + \overline{x}A \\
B(t+1) &= A\overline{B} + xB
\end{aligned}
$$

موجودہ حال	اگلا حال	
AB	$x=1$	$x=0$
00	10	10
01	00	01
10	01	11
11	00	11

سوال ۶.۹: دو ڈی پلٹ، A اور B ، استعمال کر کے مداخل x کا ترتیبی دور تخلیق دیں جو بالترتیب 00 ، 01 ، 10 ، اور 11 حال اختیار کر سکتا ہو۔ بلند مداخل کی صورت میں بڑھتی گنتی اور پست مداخل کی صورت میں گھٹتی گنتی حاصل کرنی ہے۔ بڑھتی گنتی کی صورت میں 11 کو پہنچنے کے بعد بلند مداخل کی صورت میں دور اسی حال میں رہنا چاہیے۔ گھٹتی گنتی کرتے ہوئے 00 کو پہنچنے کے بعد پست مداخل کی صورت میں دور 00 میں رہنا چاہیے۔

جواب:



x	A	B	D_A	D_B
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

سوال ۶.۱۰: گزشتہ سوال میں مداخل e کا اضافہ کریں۔ بلند e کی صورت میں دور جوں کا توں چلتا ہو جبکہ پست e کی صورت میں دور اپنا حال برقرار رکھتا ہو۔

جواب: ساعت C کو ضرب گیٹ سے گزاریں۔ ضرب گیٹ کا دوسرا مداخل e ہو گا۔

سوال ۶.۱۱: پچھلے سوال میں مداخل کی تعداد میں مزید اضافہ کرتے ہوئے مداخل s کا اضافہ کریں۔ مداخل s بلند کرنے سے دور کو حال 00 اختیار کر لینا چاہیے جبکہ پست s کی صورت میں دور کو پہلے کی طرح کام کرنا چاہیے۔

جواب: دونوں ڈی پلٹ کے بلند فعال **زبردستی پست** مداخل کو s فراہم کریں۔

باب ۷

دفتر

ایک پلٹ کار ایک ثنائی ہندسے (بِٹ) کی معلومات ذخیرہ کر سکتا ہے۔ آٹھ بِٹ معلومات ذخیرہ کرنے کے لیے آٹھ پلٹ کار درکار ہوں گے۔ **دفتر**[1] سے مراد وہ دور ہے جو معلومات ذخیرہ، اور ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل کرنے کی صلاحیت رکھتا ہو۔ یوں، n بِٹ دفتر سے مراد n پلٹ کار پر مبنی وہ دور ہو گا، جو n بِٹ ذخیرہ اور منتقل کر سکے۔ معلومات کے انتقال کا انداز (سلسلہ وار یا متوازی) دور کے ترکیبی حصہ پر منحصر ہو گا۔

سادہ ترین چار بِٹ دفتر شکل ۷.۱ میں پیش ہے۔ شکل-الف میں مداخل A جبکہ مخارج B ہے۔ مداخل کے چار بِٹ A_0 ، A_1 ، A_2 ، اور A_3 ، جبکہ مخارج کے چار بِٹ B_0 ، B_1 ، B_2 ، اور B_3 ہیں۔

ساعت کے کنارہ چڑھائی پر داخلی چار بِٹ 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 چڑھائی تک یہ چار بِٹ معلومات دفتر میں محفوظ، اور مخارج پر دستیاب ہو گی۔

شکل ۷.۱-ب میں بلند اور پست صلاحیت کا پلٹ کار استعمال کیا گیا۔ یوں، ساعت کے کنارہ چڑھائی کا انتظار کیے بغیر، تمام خارجی بِٹ زبردستی بلند یا پست کیے جا سکتے ہیں۔ زبردستی پست کرنے سے دفتر صاف ہو کر 0000_2 ، جبکہ زبردستی بلند کرنے سے 1111_2 خارج کرتا ہے۔

اس دور میں پلٹ کار کی تعداد n کر کے n بِٹ دفتر تشکیل دیا جا سکتا ہے۔ ہر بِٹ کا متمم بھی دفتر کے مخارج سے دستیاب ہو گا۔ یوں B_0 کا متمم $\overline{B_0}$ مطابقتی پلٹ کار کے $\overline{Q}$ سے دستیاب ہو گا۔

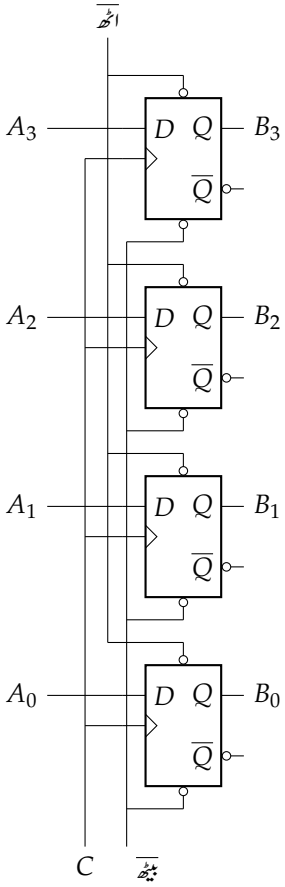
۷.۱ سلسلہ وار دفتر

۷.۱.۱ دائیں انتقال دفتر

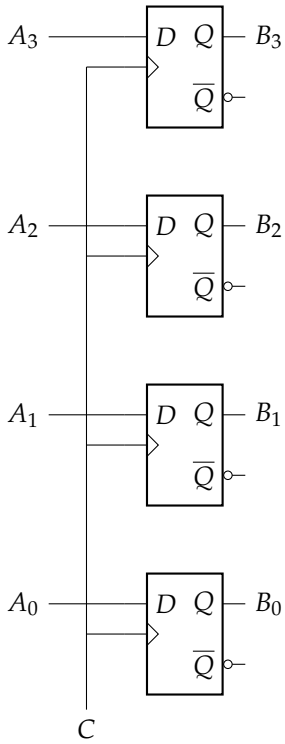
شکل ۷.۲ میں (سلسلہ وار) **دائیں انتقال دفتر**[2] پیش ہے، جہاں (متواتر) ایک پلٹ کار کا مخارج، دوسرے کا مداخل ہے، اور ثنائی مواد، x ، بائیں (جانب) سے مہیا کیا گیا ہے۔ شکل میں زبردستی پست پن نہیں دکھایا گیا تاکہ اصل مضمون پر توجہ رہے، تاہم تصور کریں ساعت کے پہلے کنارہ چڑھائی سے قبل، تمام پلٹ

---

[1] register
[2] shiftrightregister

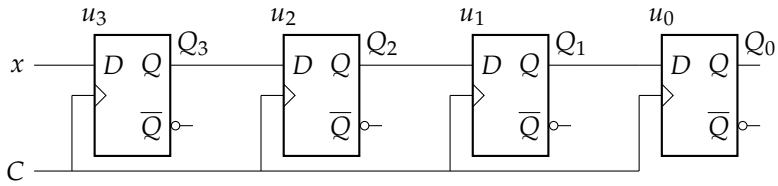


(ب)



(ا)

شکل ۱.۷: چار بٹ دفتر۔



شکل ۷.۲: دائیں انتقال دفتر

کارز بردستی 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 فراہم ہے، جنہیں پلٹ کار، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر، مخارج منتقل کرتے ہیں۔ یوں پہلے کنارہ چڑھائی گزرنے کے بعد $Q_0 = 0$ ، $Q_1 = 0$ ، $Q_2 = 0$ ،اور $Q_3 = 1$ ہو گا۔ یاد رہے، ساعت کے کنارہ چڑھائی کے دوران، پلٹ کار گزشتہ حال میں رہتا ہے، اور نیا مواد کنارہ گزرنے کے بعد مخارج 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 ہو گا) مواد فراہم ہے، لہٰذا ساعت کا دوسرا کنارہ چڑھائی گزرنے کے بعد $Q_0 = 0$ ، $Q_1 = 0$ ، $Q_2 = 1$ ،اور $Q_3 = x$ ہو گا۔

دور کو سلسلہ وار فراہم بائیں سے مواد، سلسلہ وار دائیں پلٹ کے مخارج 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**[۳] دکھایا گیا ہے، جو مواد کی بائیں نقل مکانی کرتا ہے۔ اس کی بناوٹ بالکل دائیں انتقال دفتر کی طرح ہے۔ فرق صرف اتنا ہے، بائیں انتقال دفتر میں دایاں پلٹ کار کا مخارج پڑوسی بایاں پلٹ کار کا مداخل ہے۔

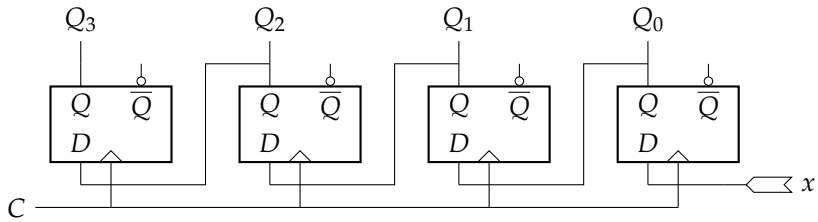
ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دایاں پلٹ کار فراہم کردہ مواد x کی نقل حاصل کر کے Q_0 پر خارج کرتا ہے۔ اگلے کنارہ پر یہ مواد Q_1 کو منتقل ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ یہاں مواد دائیں سے فراہم کیا گیا ہے، جو دور میں سے گزرتے ہوئے بائیں منتقل ہو گا۔

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۔ مخارج Q_2 پلٹ کار کے مداخل D اور اس سے منسلک جمع گیٹ اور (دو) ضرب گیٹ پر توجہ رکھیں۔ قابو اشارہ (بائیں / دائیں) بلند ہونے کی صورت میں، دایاں ضرب گیٹ معذور جبکہ بایاں مجاز 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 ہو گا۔ یوں مواد Q_3 سے Q_2 یعنی دائیں منتقل ہوا۔ اس کے برعکس قابو اشارہ پست ہونے کی صورت میں، دایاں ضرب گیٹ مجاز 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۔

---

[۳] shiftleftregister



شکل ۷.۳: بائیں انتقال دفتر

بائیں ترین پلٹ کار کو بیرونی مواد y جبکہ دائیں ترین کو x فراہم کیا گیا ہے۔ قابو اشارہ ان میں سے ایک منتخب کرتا ہے جو مطلوبہ سمت (دائیں یا بائیں) منتقل ہو گا۔

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 Q_0 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**[۴] پیش ہے، جس میں متوازی مواد بیک وقت چڑھانا ممکن ہے۔ یہ مختصراً **متوازی دائیں انتقال دفتر** کہلاتا ہے۔

پلٹ کار کو جمع گیٹ معلومات فراہم کرتا ہے جس کو دو ضرب گیٹ مواد فراہم کرتے ہیں۔ قابو اشارہ $\overline{\text{بھرائی متوازی}}$ عام طور غیر فعال (بلند) رکھا جاتا ہے۔ یوں دایاں ضرب گیٹ معذور جبکہ بایاں گیٹ مجاز ہو کر، بائیں پلٹ کار کا مخارج، جمع گیٹ کے راستے پلٹ کار کو فراہم کرتا ہے، جو ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر پلٹ کار میں درج ہو گا۔

مواد z_0 تا z_3 پلٹ کار میں چڑھانے کے لیے $\overline{\text{بھرائی متوازی}}$ پست کیا جاتا ہے۔ یوں پلٹ کار کو مواد فراہم کرنے والا بایاں ضرب گیٹ معذور جبکہ دایاں مجاز ہو گا۔ مجاز گیٹ متوازی مواد کو جمع گیٹ کے راستہ پلٹ کار تک پہنچاتا ہے۔

یوں پلٹ کار میں مواد سلسلہ وار (y) یا متوازی (z_0 تا z_3) بھرا جا سکتا ہے۔

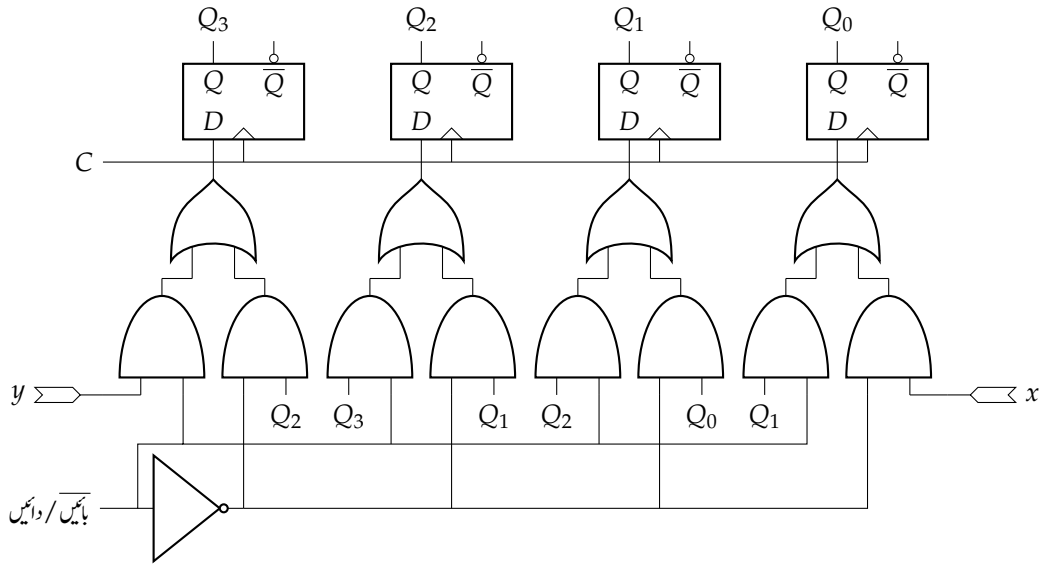
شکل میں پلٹ کار کا مخارج، مجاز و معذور صلاحیت مستحکم کار سے منسلک کیا گیا ہے۔ قابو اشارہ $\overline{\text{متوازی خارج}}$ پست کر کے پلٹ کار کا مواد Q_0 تا Q_3 بطور D_0 تا D_3 حاصل کیا جا سکتا ہے۔ قابو اشارہ معذور (بلند) ہونے کی صورت میں مستحکم کار کا مخارج بلند رکاوٹ حال میں ہو گا۔

۷.۳ عالمگیر انتقال دفتر

ہم مختلف صلاحیت کے دفاتر پر غور کر چکے، جن کی خوبیاں ایک دور میں سموئی جا سکتی ہیں۔ ایسا ایک **عالمگیر انتقال دفتر**[۵] شکل ۷.۶ میں پیش ہے۔

---

[۴] parallelload,rightshiftregister
[۵] universalshiftregister



شکل ۷.۴: بائیں و دائیں انتقال دفتر

بائیں انتقال کے دوران مواد y پر **سلسلہ وار داخل**[۶] ہو کر آخر کار بائیں **خروج**[۷] سے **سلسلہ وار خارج**[۸] ہو گا، جبکہ دائیں انتقال کے دوران مواد x سے سلسلہ وار داخل ہو کر آخر کار دائیں خروج سے سلسلہ وار خارج ہو گا۔

شکل ۷.۶ میں چار یکساں حصے ہیں، جن کی کارکردگی ایک سی ہے۔ دایاں حصہ پر غور کرتے ہیں۔

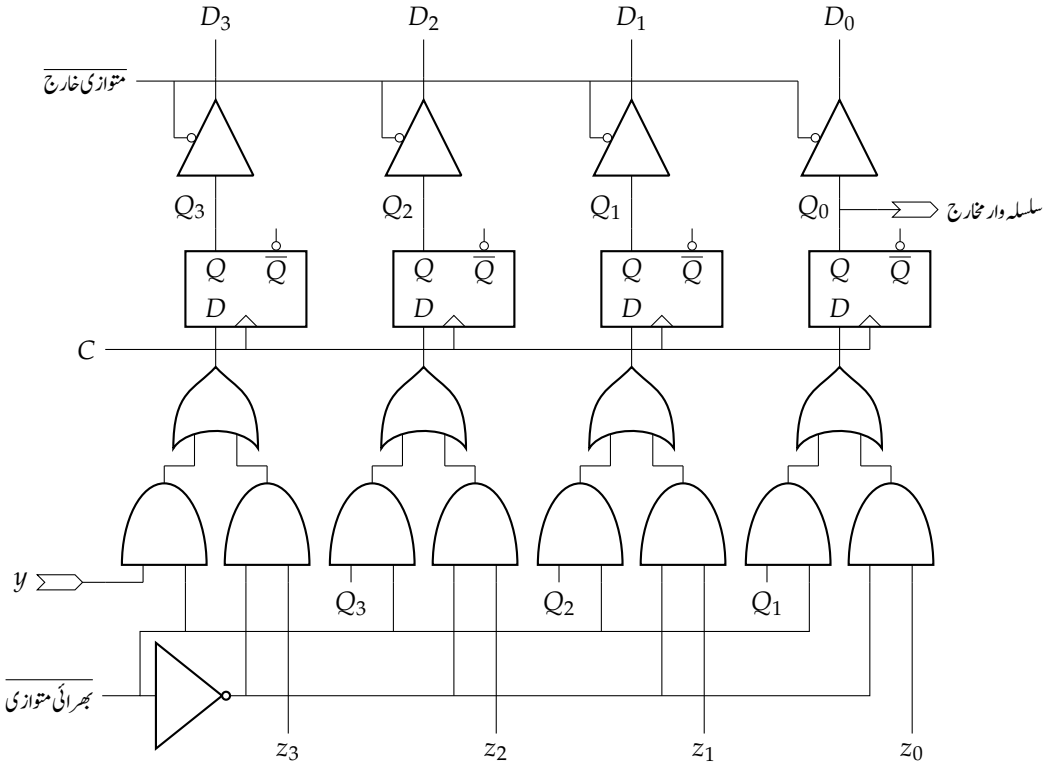
پلٹ کار کے ساتھ **چار سے ایک منتخب کنندہ** جوڑا گیا ہے۔ پتہ کے دو بِٹ a_0 اور a_1 مداخل میں سے ایک چن کر خارجی پن پہنچاتے ہیں۔ مداخل کا انتخاب درج ذیل جدول کے تحت ہو گا۔

a_1	a_0	D_0	
0	0	Q_0	حال برقرار
0	1	z_0	متوازی داخل
1	0	Q_1	دائیں انتقال
1	1	y	بائیں انتقال

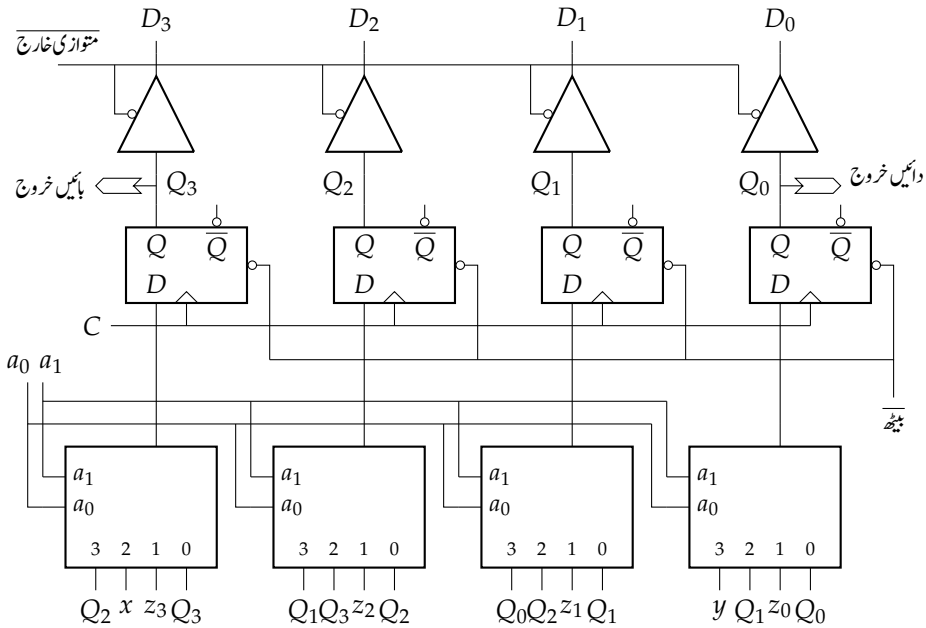
پتہ 00_2 مواد Q_0 منتخب کر کے پلٹ کار کے مداخل پر مہیا کرتا ہے جو اگلے کنارہ ساعت پر پلٹ کار کے خارجی پن پر خارج ہو گا۔ یوں دفتر اپنا حال برقرار رکھے گا (اور مواد دائیں یا بائیں منتقل نہیں ہو گا)۔

---

[۶] serialin
[۷] output
[۸] serialout



شکل ۷.۵: متوازی دائیں انتقال دفتر



شکل ۷.۶: چار بِٹ، عالمگیر انتقال دفتر

پتہ 01_2 مواد z_0 پلٹ کار کو مہیا کرے گا جو ساعت کے اگلے کنارہ پلٹ کار کے مخارج پر نمودار ہو گا۔ چونکہ z_0 متوازی مہیا کردہ مواد ہے لہٰذا متوازی مواد دفتر میں چڑھے گا۔

پتہ 10_2 پلٹ کار کو Q_1 مہیا کرے گا۔ یوں موجودہ Q_1 ساعت کے اگلے کنارے پر بطور Q_0 نمودار ہو گا۔ یعنی دفتر مواد دائیں منتقل کرے گا۔

پتہ 11_2 سلسلہ وار مہیا کردہ مواد y منتخب کرے گا جو ساعت کے اگلے کنارہ پر بطور Q_0 نمودار ہو گا۔ یوں دفتر مواد بائیں منتقل کرے گا۔

مذکورہ بالا تجزیہ باقی تین حصوں پر لاگو کر کے عالمگیر 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	حال 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: انٹرنیٹ سے عالمگیر انتقال دفتر 74194 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ یہ کتنے بِٹ کا عالمگیر انتقال دفتر ہے؟

۷.۴ سلسلہ وار ثنائی جمع کار

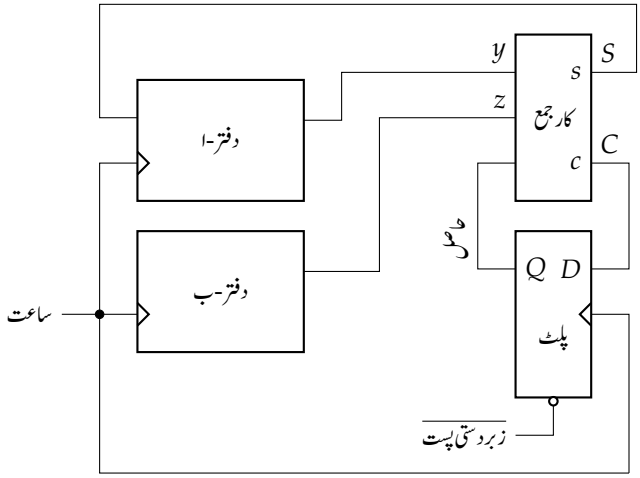
صفحہ ۱۵۹ پر شکل ۶.۲۴ میں سلسلہ وار ثنائی جمع کار پیش ہے جس کو استعمال کر کے شکل ۷.۷ میں پیش متعدد بِٹ **سلسلہ وار ثنائی جمع کار**[9] حاصل کیا گیا۔ یہاں n بِٹ متوازی دائیں انتقال دفتر (اور ب) مستعمل ہیں۔

ساعت کے پہلے کنارے سے قبل (یعنی مجموعہ لینے سے قبل)، دفتر-ا میں ثنائی عدد y، دفتر-ب میں ثنائی عدد z متوازی منتقل کیے جاتے ہیں اور زبردستی پست اشارہ لحاتی 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 ثنائی اعداد کے کم تر رتبی بِٹ 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 ثنائی بِٹ کی جمع کے دوران مکمل جمع کار کو بطور داخلی حاصل فراہم کرتا ہے جبکہ دفتر-ا اور دفتر-ب اگلے ثنائی بِٹ فراہم کرتے ہیں۔ جمع s_0 شکل میں دفتر-ا کو سلسلہ وار مداخل کے طور مہیا کیا گیا ہے۔ یوں جیسے جیسے دفتر ثنائی 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 ثنائی اعداد کا مجموعہ دفتر-ا میں محفوظ ہو گا جہاں سے اسے متوازی پڑھا جا سکتا ہے جبکہ مجموعے کا آخری حاصل مکمل جمع کار کے مخارج c سے پڑھا جا سکتا ہے۔

---

[9] serialadder



شکل ۷.۷: متعدد بِٹ سلسلہ وار ثنائی جمع کار

سوالات

سوال ۷.۱: چار بٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر میں ابتدائی ثنائی مواد 1011 موجود ہے۔ دفتر کا مخارج اسی دفتر کو بطور مداخل مہیا کیا جاتا ہے۔ سات ساعت کے کنارے گزرنے کے بعد دفتر میں کیا عدد ہو گا؟

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 ثنائی عدد معلوم کریں۔

سوال ۷.۴: آٹھ بٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر کا مخارج چار بٹ سلسلہ وار دائیں منتقل دفتر کو بطور مداخل فراہم کیا جاتا ہے۔ آٹھ بٹ دفتر میں ابتدائی مواد 10110110 پایا جاتا ہے اور اسے 1010 (کمتر بِٹ 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 بِٹ مداخل کا بلند تر بِٹ پہلے فراہم کیا جاتا ہے۔

جواب: 1011 ، 01101010

سوال ۷.۶: آٹھ بٹ کے دو عدد بائیں انتقال دفتر استعمال کرتے ہوئے سولہ بٹ کا بائیں انتقال دفتر حاصل کریں۔

سوال ۷.۷: شکل ۷.۷ میں سلسلہ وار ثنائی جمع کار دکھایا گیا ہے۔ آٹھ بِٹ دفتر-ا میں 11001010 اور آٹھ بِٹ دفتر-ب میں 11100001 پایا جاتا ہے۔ تصور کریں زبردستی پست لمحاتی پست کرنے کے بعد ساعت کے آٹھ کنارے گزرتے ہیں۔ ساعت کا ہر کنارہ گزرنے کے بعد دفتر-ا میں کیا مواد

موجود ہو گا؟

جواب: پہلے کنارے کے بعد دفتر-ا میں 11100101 ہو گا۔ آخری کنارے کے بعد $C = 1$ اور دفتر-ا میں 10101011 ہو گا۔

سوال ۷.۸: سلسلہ وار ثنائی جمع کار سے سلسلہ وار ثنائی منفی کار حاصل کریں۔ منفی کردہ عدد کا تکملہ دفتر-ب میں متوازی لکھنا بھی دکھائیں۔

باب ۸

گنت کار

ثنائی گنت کار آپ دیکھ چکے ہیں۔ گنت کار کا بنیادی مقصد داخلی **برقی اشارے**[1] کی گنتی کرنا ہے۔ برقی اشارہ اسے بطور ساعت یا سادہ مداخل کے طور پر مہیا کیا جاتا ہے۔

وہ دفتر جس کے خارجی برقی اشارات ثنائی 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۔

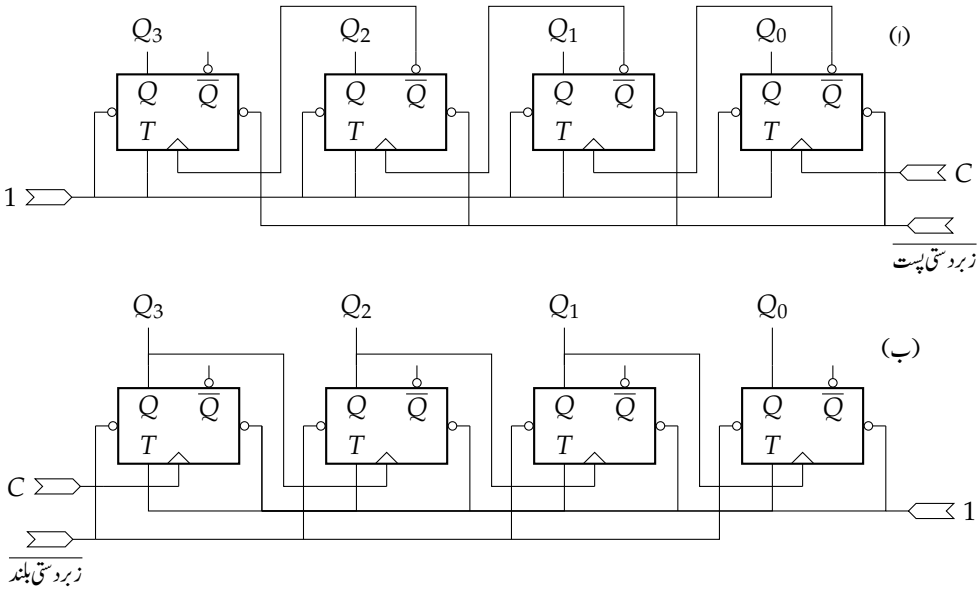
۸.۱ ثنائی گنت کار

چار بٹ ثنائی سیدھی گنتی 0000_2 تا 1111_2 ممکن ہے۔ اسی طرح الٹی گنتی 1111_2 سے شروع ہو کر 0000_2 پر ختم ہو گی۔ دونوں صورتوں میں گنتی پوری ہونے کے بعد عموماً دوبارہ نئے سرے سے شروع کی جاتی ہے۔ شکل ۸.۱-الف میں **چار بٹے ثنائی سیدھا گنتے کار**[2] اور شکل-ب میں **چار بٹے ثنائی الٹے گنتے کار**[3] پیش ہیں۔ ان کی بناوٹ ملتی جلتی ہے۔

ثنائی گنتے کار[4] آپ پہلے بھی دیکھ چکے ہیں۔ **سیدھے گنتے کار** میں $\overline{\text{زبردستی بلند}}$ کو بلند (1) یعنی غیر فعال رکھا جاتا ہے۔ گنتی شروع کرنے سے قبل $\overline{\text{زبردستی پست}}$ کو لحاتی پست (0) کر کے گنتی (کی ابتدائی قیمت) 0000_2 کی جاتی ہے۔ گنتی کے دوران کسی بھی وقت $\overline{\text{زبردستی پست}}$ اشارہ پست کر کے گنتی دوبارہ صفر سے شروع کی جا سکتی ہے۔

---

[1] electricalsignal
[2] fourbitbinaryupcounter
[3] fourbitbinarydowncounter
[4] binarycounter



شکل ۸.۱: (ا) سیدھا گنت کار؛ (ب) الٹ گنت کار۔

الٹے گنتے کار میں $\overline{\text{زبردستی پست}}$ کو غیر فعال رکھا جاتا ہے جبکہ $\overline{\text{زبردستی بلند}}$ اشارے کو گنتی شروع کرنے سے قبل لحاتی فعال کر کے گنتی 1111_2 سے شروع کی جاتی ہے۔ گنتی کے دوران کسی بھی وقت اس اشارے کو پست کر کے گنتی دوبارہ 1111_2 سے شروع کی جا سکتی ہے۔

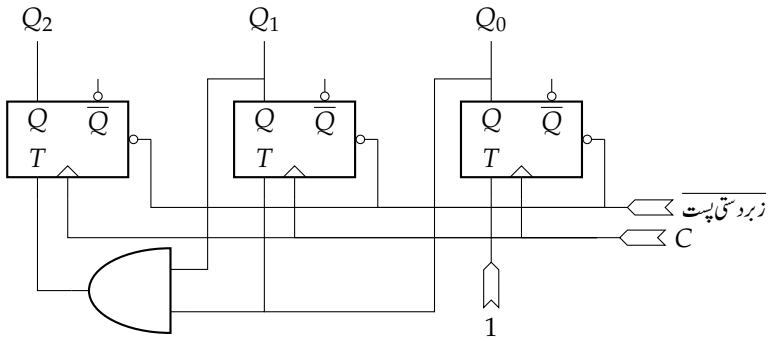
سیدھے گنت کار کو مثال بناتے ہوئے ایک اہم صورت حال پر غور کرتے ہیں۔ شکل میں بایاں ترین پلٹ، ساعت کے (ہر) کنارہ چڑھائی پر حال تبدیل کرتا ہے۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی کے کچھ دیر بعد $\overline{Q}_3$ حال تبدیل کرے گا۔ اس دورانیہ کو پلٹ کا **دورانیہ ردعمل**[5] کہتے ہیں۔ یوں اگلے پلٹ کو، جسے $\overline{Q}_3$ بطور ساعت فراہم کیا گیا ہے، حال تبدیل کرنے کا خبر اصل ساعت (کے کنارہ چڑھائی) سے کچھ دیر بعد پہنچتا ہے۔ اس پلٹ کو بھی مخارج ($\overline{Q}_2$) تبدیل کرنے کے لیے پلٹ کے دورانیہ ردعمل جتنا وقت درکار ہو گا۔ اسی طرح اس سے اگلے پلٹ کو، جسے $\overline{Q}_2$ بطور ساعت فراہم کیا گیا ہے، حال تبدیل کرنے کا اشارہ، اصل ساعت (کے کنارہ چڑھائی) سے دورانیہ ردعمل کے دگنے وقت کے برابر تاخیر سے ملے گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں اس دور میں تمام پلٹوں کے مخارج بیک وقت تبدیل نہیں ہوں گے بلکہ مخارج کی تبدیلی بائیں پلٹ سے شروع ہوتی ہے اور بدستور دائیں جانب بڑھتی ہے۔ مخارج کی تبدیلی اس دور میں لہر کی طرح گزرتی ہے۔ یوں اس طرح ادوار کو **لہریا گنتے کار**[6] کہتے ہیں۔ یوں موجودہ دور **لہریا ثنائی گنتے کار**[7] کہلاتا ہے۔

عین ممکن ہے کہ آخری پلٹ تک سعت کی خبر پہنچنے سے قبل سعت کا نیا اشارہ پہلی پلٹ کو ملے۔ یوں آخری پلٹ گزشتہ ساعت گننے کے مطابق جبکہ پہلی پلٹ نئی سعت گننے کے مطابق ہو گا اور گنتی غلط ہو گی۔ متعدد پلٹ پر مبنی لہریا گنت کار میں اس مسئلہ کی توقع رکھیں۔

---

[5] propagationtime
[6] ripplecounter
[7] binaryripplecounter



شکل ۸.۲: معاصر ثنائی گنت کار

معاصر گنت کار اس مسئلہ سے پاک ہیں۔ آئیں ان پر غور کرتے ہیں۔

۸.۲ معاصر گنت کار

معاصر گنت کار میں تمام پلٹ کو ایک ہی ساعت مہیا کی جاتی ہے لہٰذا تمام پلٹ بیکوقت نیا حال اختیار کرتے ہیں۔ ان ادوار میں ہر پلٹ کے مداخل پر ترکیبی دور نصب کر کے، اسے اگلی ساعت کے کنارے پر، بلند یا پست ہونے کا اشارہ مہیا کیا جاتا ہے۔ پلٹ اگلی ساعت کے کنارے پر اس اشارے کے مطابق حال اختیار کرتا ہے۔ یہ فیصلہ کہ اگلی ساعت پر پلٹ بلند یا پست حال اختیار کرے گا، دور کے موجودہ حال کو دیکھ کر کیا جاتا ہے۔ اس طریقہ کار کو چند مثالوں سے سمجھتے ہیں۔

۸.۲.۱ معاصر ثنائی گنت کار

تین بٹے معاصر ثنائی گنت کار[۸] شکل ۸.۲ میں پیش ہے۔ مخارج Q_0 کمتر ترتیبی بٹ جبکہ Q_2 بلند تر ترتیبی بٹ ہے۔ اس دور کی بناوٹ سیکھتے ہیں۔

جدول ۸.۱ میں **موجودہ حال** کی قطار میں تین بٹ ثنائی گنتی لکھی گئی ہے جو کسی بھی لمحے پلٹ کا موجودہ حال پیش کرتی 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، لہٰذا **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 ہی، لہٰذا آخری صف میں اگلا حال 000_2 ہو گا۔ یوں موجودہ حال کی دوسری صف درحقیقت اگلے حال کی پہلی صف ہو گی۔ اسی طرح موجودہ حال کی تیسری صف اگلے حال کی دوسری صف ہو گی، اور موجودہ حال کی پہلی صف اگلے حال کی آخری صف ہو گی۔

پہلی صف کے کمتر ترتیبی 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 **مداخل** کا خانہ 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، لہٰذا ساعت کے اگلے کنارے پر ہم

---

[۸] threebitsynchronouscounter

جدول ۸.۱: معاصر ثنائی گنت کار کے حال

موجودہ حال			اگلا حال			مداخل		
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

T	Q_{n+1}
0	Q_n
1	$\overline{Q}_n$

نہیں چاہتے کہ یہ پلٹ اپنا حال تبدیل کرے۔ یوں اس پلٹ کے مداخل T_1 کو پست رکھنا ہوگا۔ اس طرح T_1 کے خانے میں 0 لکھا جائے گا۔ اسی طرز پر تمام صفوں کے تمام مداخل کے لیے جدول کے خانے پُر کیے گئے ہیں۔

دور بنانے کے لیے جدول ۸.۱ میں **مداخل** کی قطار استعمال ہوگی جس سے مجموعہ ارکان ضرب کی ترکیب سے درج ذیل مساوات لکھے جا سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 \\ T_1 &= \overline{Q}_2\overline{Q_1}Q_0 + \overline{Q}_2Q_1Q_0 + Q_2\overline{Q_1}Q_0 + Q_2Q_1Q_0 \\ T_2 &= \overline{Q}_2Q_1Q_0 + Q_2Q_1Q_0 \end{aligned} \tag{۸.۱}$$

یہ مساوات موجودہ حال کی قیمتیں مدِ نظر رکھ کر لکھی گئی ہیں۔ جدول ۸.۱ میں موجود مواد سے شکل ۸.۳ میں پیش کارناف نقشوں کی مدد سے درج ذیل سادہ مساواتیں حاصل کی گئی ہیں۔

$$\begin{aligned} T_0 &= 1 \\ T_1 &= Q_0 \\ T_2 &= Q_1Q_0 \end{aligned} \tag{۸.۲}$$

شکل ۸.۲ میں تین پلٹوں کو مساوات ۸.۲ سے حاصل برقی اشارات بطور مداخل فراہم کر کے **تین بٹے معاصر ثنائی گنتے کار**[۹] حاصل کیا گیا ہے۔

[۹] threebitsynchronousbinarycounter

Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
0			1	
1			1	

$T_2 = Q_1Q_0$

Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
0		1	1	
1		1	1	

$T_1 = Q_0$

Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$T_0 = 1$

شکل ۸.۳: تین بِٹ معاصر گنت کار کی سادہ مساواتیں

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 جزو 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 فراہم کرنے سے حاصل ہوگا (یہ درج بالا مساوات کا دوسرا جزو ہے)۔ اسی طرح جدول میں جب بھی Q_0 اور Q_1 کی قیمتیں بیکوقت 1 ہوں، اگلی ساعت کے کنارے پر Q_2 کی قیمت تبدیل ہوتی ہے۔ یوں T_2 کو Q_1Q_0 فراہم کرنا ہوگا (درج بالا مساوات کا تیسرا جزو)۔ متعدد بِٹ ثنائی گنتی پر غور کرنے سے دیکھا جاسکتا ہے کہ کوئی بھی مخارج، ساعت کے اگلے کنارے، تب حال تبدیل کرتا ہے جب اس سے کمتر تمام مخارج کی قیمتیں بیکوقت 1 ہوں۔ یوں **چار بٹ معاصر ثنائی گنت کار**[۱۰] کے لیے درج ذیل ہوگا۔

$$
\begin{aligned}
T_0 &= 1 \\
T_1 &= Q_0 \\
T_2 &= Q_1Q_0 \\
T_3 &= Q_2Q_1Q_0
\end{aligned}
\tag{۸.۳}
$$

۸.۲.۲ ثنائی مرموز اعشاری معاصر گنت کار

گزشتہ حصے میں تین بِٹ ثنائی گنت کار پر غور کیا گیا، جو 000_2 تا 111_8 گنتی کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ چار بِٹ ثنائی گنت کار 0000_2 تا 1111_2 ثنائی گنتی کر سکتا ہے۔ چار بِٹ ثنائی گنت کار کو 0000_2 تا 1001_2 گنتی کرنے کا پابند بنانے سے **ثنائی مرموز اعشاری گنت کار**[۱۱] حاصل ہوگا، جس پر اس حصہ میں غور کیا جائے گا۔

جدول ۸.۳ میں ثنائی مرموز اعشاری گنت کار کے حال پیش ہیں۔ جدول میں **مخارج** y کی قطار کا اضافہ کیا گیا ہے۔ مخارج y صفر سے نو تک گنتی پوری ہونے پر ساعت کے ایک **دورِ عرصہ**[۱۲] کے لیے بلند ہوتا ہے۔ ہم آگے دیکھیں گے کہ y استعمال کرتے ہوئے متعدد اعشاری ہندسوں کے گنت کار تخلیق دیے جاتے ہیں۔

اس جدول میں 1010_2 تا 1111_2 ترتیب استعمال نہیں ہوتے، لہٰذا کارناف نقشوں کی مدد سے پلٹوں کے مداخل T_0 تا T_3 اور مخارج y کی سادہ مساوات حاصل کرتے وقت انہیں **غیر ضروری حال** تصور کیا جاتا ہے۔ شکل ۸.۴ میں درج ذیل سادہ مساوات حاصل کرنا دکھایا گیا ہے۔

$$
\begin{aligned}
T_0 &= 1 \\
T_1 &= \overline{Q}_3Q_0 \\
T_2 &= Q_1Q_0 \\
T_3 &= Q_3Q_0 + Q_2Q_1Q_0 \\
y &= Q_3Q_0
\end{aligned}
\tag{۸.۴}
$$

ان مساوات سے حاصل دور شکل ۸.۵ میں پیش ہے، جہاں تمام پلٹ کے مداخل 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 **گنج** 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۔

---

[۱۰] fourbitsynchronousbinarycounter
[۱۱] BCDdecimalcounter
[۱۲] timeperiod

Q_3Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
00			1	
01			1	
11			d	d
10	d	d	d	d

$$T_2 = Q_1Q_0$$

Q_3Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
00				
01			1	
11		1	d	d
10	d	d	d	d

$$T_3 = Q_3Q_0 + Q_2Q_1Q_0$$

Q_3Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	d	d
10	d	d	d	d

$$T_0 = 1$$

Q_3Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
00		1	1	
01		1	1	
11			d	d
10	d	d	d	d

$$T_1 = \overline{Q}_3Q_0$$

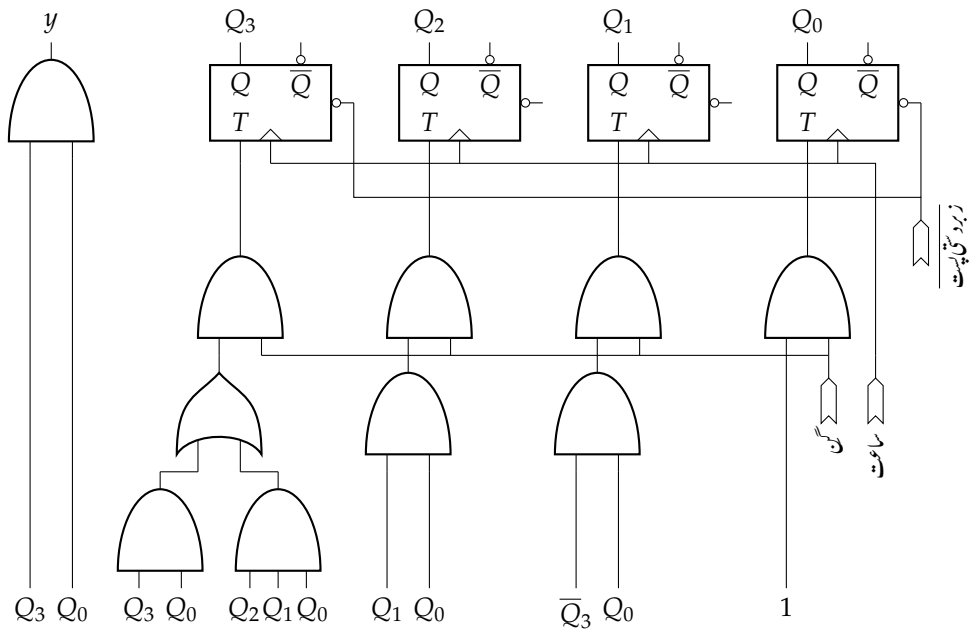
Q_3Q_2 \ Q_1Q_0	00	01	11	10
00				
01				
11		1	d	d
10	d	d	d	d

$$y = Q_3Q_0$$

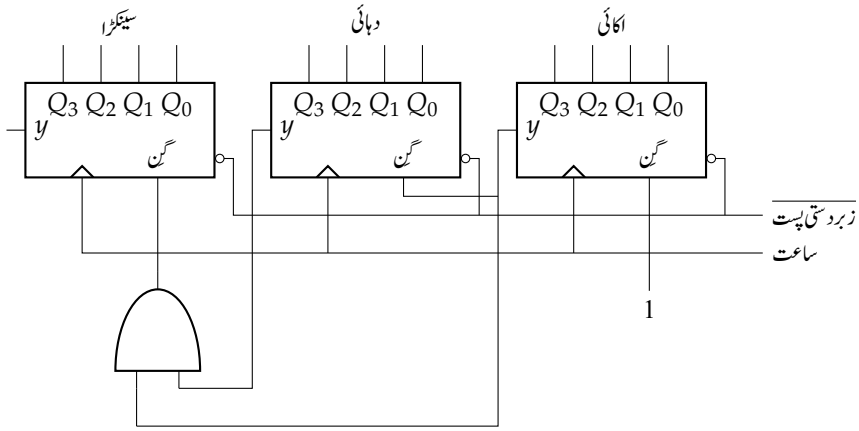
شکل ۸.۴: کارناف نقشوں سے ثنائی مرموز اعشاری معاصر گنت کار کی مساوات کا حصول

جدول ۸.۳: ثنائی مرموز اعشاری گنت کار کے حال

موجودہ حال				اگلا حال				مخارج	مداخل			
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



شکل ۸.۵: ثنائی مرموز اعشاری معاصر گنت کار



شکل ۸.۶: 000_{10} تا 999_{10} معاصر گنت کار۔

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 مرموز اعشاری گنت کار** (شکل ۸.۵) استعمال کیے گئے۔ اسی طرح مزید درجات جوڑ کر درکار ہندسوں کا گنت کار بنایا جاتا ہے۔ اکائیوں کی گنتی 9_{10} کو پہنچنے پر اکائی گنت کار بلند y خارج کرتا ہے جو دہائی گنت کار کے **گن** مداخل کو فراہم کیا گیا ہے۔ یوں ساعت کے اگلے کنارے پر دہائی کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہو گا۔ اسی طرح 99_{10} کو پہنچنے پر سینکڑا گنت کار کا **گن** مداخل بلند ہو گا اور اگلے کنارہ ساعت پر سینکڑا کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہو گا۔

اس دور کی کارکردگی کچھ یوں ہے۔ گنتی شروع کرنے سے قبل $\overline{\text{زبردستی پست}}$ کو لحاتی پست کر کے گنتی 000_{10} کر دی جاتی ہے۔ ساعت کے کنارہ چڑھائی پر اکائی ہندسے کی گنتی بتدریج بڑھتی ہے؛ اکائی درجے کا مخارج y پست رہتا ہے جو دہائی اور سینکڑا کی گنتی روک کر رکھتا ہے۔ گنتی 009_{10} تک پہنچتے ہی اکائی درجہ کا مخارج y ایک دوری عرصہ کے لیے بلند ہو گا۔ یوں اگلے ساعت کے کنارہ چڑھائی پر اکائی درجہ کا ہندسہ 9_{10} سے 0_{10} ہو جائے گا، جبکہ دہائی درجے کا ہندسہ 0_{10} سے بڑھ کر 1_{10} ہو جائے گا اور اسی وقت اکائی کا مخارج 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 درجات کے مخارج y بلند ہوتے ہیں جس کی وجہ سے اگلے ساعت کے کنارہ چڑھائی پر سینکڑا 0_{10} سے بڑھ کر 1_{10} ہو جائے گا جبکہ اکائی اور دہائی درجات 9_{10} سے 0_{10} ہو جائیں گے اور ساتھ ہی ان کے مخارج y دوبارہ پست ہو جائیں گے۔

مشق ۸.۱: انٹرنیٹ سے 7493 اور 4516 کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ انہیں استعمال کرتے ہوئے متعدد بِٹ گنت کار تخلیق دیں۔

۸.۳ دیگر گنت کار

۸.۳.۱ متغیر لمبائی گنت کار

چار بٹ ثنائی 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 جا سکتا ہے۔ ایسے گنت کار کو ہم **متغیر لمبائی گنت کار**[۱۳] کہیں گے۔ جس عدد سے گنتی کا آغاز کرنا ہو وہ عدد دور کو متوازی فراہم کیا جاتا ہے اور جہاں گنتی کا اختتام کرنا ہو وہاں پہنچ کر دور کو مجبور کیا جاتا ہے کہ وہ دوبارہ متوازی فراہم کردہ عدد داخل کر کے گنتی از سرے نو شروع کرے۔

چار بٹ معاصر ثنائی 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 اور دو جمع گیٹ پر مشتمل دور اختتامی عدد کو پہچان کر نفی گیٹ کا مداخل 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۔

دور میں 0110_2 پہلی مرتبہ داخل کرنے کا طریقہ نہیں دکھایا گیا۔

۸.۳.۲ بے ترتیب گنت کار

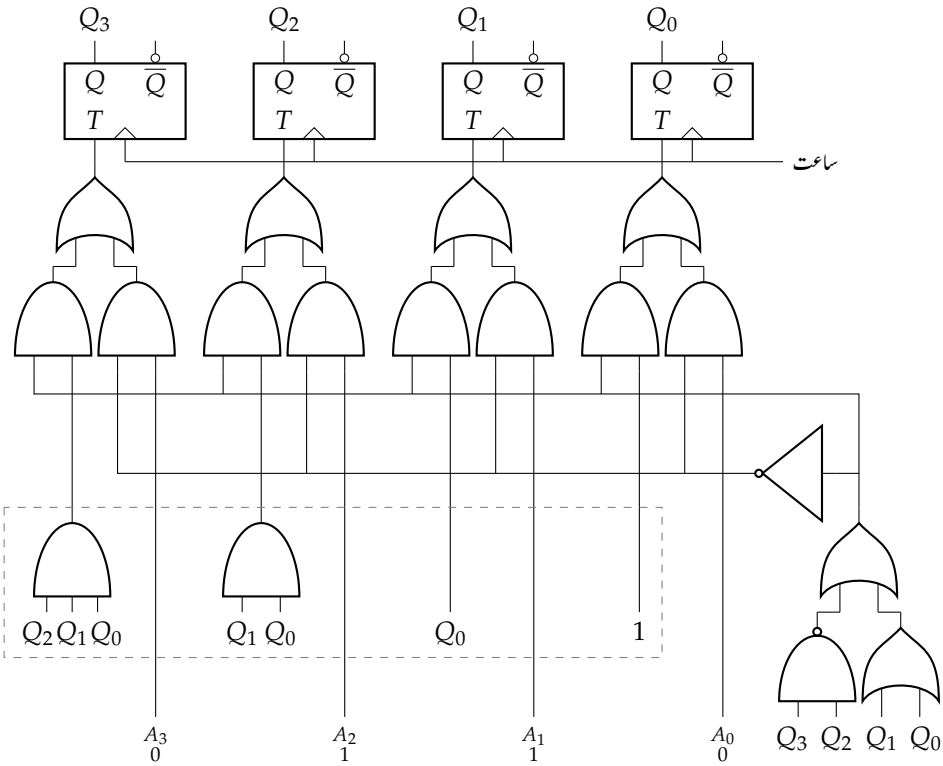
معاصر ثنائی گنت کار پر بحث کے دوران جدول ۸.۱ پیش کیا گیا۔ اس جدول کے **موجودہ حال** خانوں میں 000_2 ، 001_2 ، 011_2 ، وغیرہ پُر کر کے باقی جدول حاصل کیا گیا۔ یوں حاصل گنت کار 000_2 سے بتدریج بڑھتے ہوئے 111_2 تک گنتا ہے۔

یہ ضروری نہیں کہ گنت کار عام فہم گنتی کی ترتیب میں ہی گنے۔ **موجودہ حال** صفوں میں کوئی بھی ترتیب لکھی جا سکتی ہے۔ فقط اتنا خیال رکھنا ضروری ہے کہ ہر صف میں منفرد عدد لکھا 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 گنت کار** پکار سکتے ہیں۔

مشق ۸.۲: ایسا **بے ترتیب گنت 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 گننا شروع کرے گا۔

---

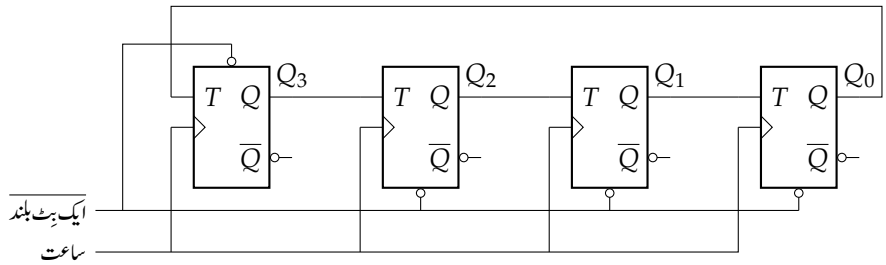
[۱۳] variablelengthcounter



شکل ۸.۷: دو ثنائی 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



شکل ۸.۸: چھلا گنت کار

جدول ۸.۵: چار بِٹ چھلا گنت کار

موجودہ حال				اگلا حال				مداخل			
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	T_3	T_2	T_1	T_0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0

۸.۳.۳ چھلا گنت کار

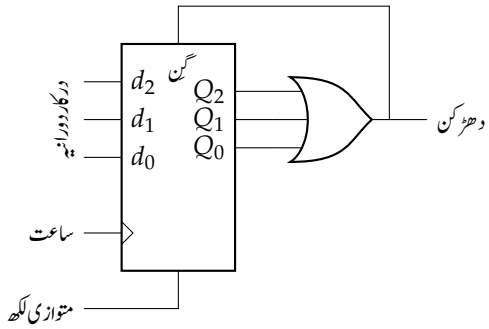
n بٹے **چھلا گنت کار**[۱۴] کے مخارج میں ایک ہی بلند بِٹ گھومتا ہے؛ باقی تمام بِٹ پست رہتے ہیں۔ ایک ہی بلند بِٹ کو ساعت کے کنارے پر ایک پلٹ سے دوسرے پلٹ منتقل کیا جاتا ہے۔ شکل ۸.۸ میں چار بِٹ چھلا گنت کار پیش ہے، جبکہ جدول ۸.۵ میں اس کی گنتی پیش کی گئی ہے۔ آغاز میں ایک بِٹ بلند اشارہ لحاتی پست کر کے Q_3 بلند جبکہ Q_0 ، Q_1 ،اور Q_2 پست کیے جاتے ہیں۔ ساعت کے پہلے کنارے پر Q_3 کا مواد Q_2 منتقل ہو گا۔ یوں اب Q_2 بلند جبکہ باقی بِٹ پست ہوں گے۔ باب کے آخر میں آپ سے گزارش کی جائے گی کہ ایسا چھلا گنت کار تخلیق دیں جو بلند بِٹ کو مخالف رخ (Q_0 سے Q_1 جانب) گھماتا ہو۔ چار بِٹ چھلا گنت کار میں چار متغیرات پائے جاتے ہیں جن کی سولہ منفرد ترتیب (0000_2 تا 1111_2) ممکن ہیں۔ جدول ۸.۵ میں صرف وہ صورتیں دکھائی گئی ہیں جو حقیقتاً پائی جاتی ہیں. باقی صورتیں (مثلاً 1011 یا 0101) **غیر دلچسپ** ہیں جنہیں کارناف نقشوں میں d درج کیا جائے گا۔ شکل ۸.۹ میں مداخل T_3 کے لیے جدول سے کارناف نقشہ پُر کیا گیا ہے، جہاں سے $T_3 = Q_0$ حاصل کیا گیا ہے۔ چھلا گنت کار میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بائیں ترین پلٹ کا مداخل T_3 ،دائیں ترین پلٹ کے مخارج Q_0 سے حاصل کیا گیا ہے۔

[۱۴] ringcounter

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 مداخل T_3 کا حصول۔



شکل ۸.۱۰: دھڑکن پیداکار

۸.۳.۴ دھڑکن پیداکار

بعض اوقات ہمیں مقررہ دورانیہ کا بلند یا پست اشارہ درکار ہوتا ہے۔ تین بِٹ کا معاصر ثنائی الٹ گنت کار استعمال کرتے ہوئے ایسا دور تشکیل دینے کا تصور پیش کرتے ہیں۔ اس دور کو ہم **دھڑکن پیداکار**[۱۵] کہیں گے۔

تین بِٹ الٹ گنت کار 111_2 تا 000_2 دہراتا ہے۔ شکل ۸.۱۰ میں متوازی دخول صلاحیت رکھنے والا تین بِٹ الٹ گنت کار استعمال کیا گیا ہے جو اس دوران گنتی کرے گا جب مداخل **گن** بلند ہو۔ اس دور کو تین بِٹ بطور درکار دورانیہ فراہم کیے جاتے ہیں، جو **متوازی لکھ** مداخل لمحاتی بلند کرنے سے گنت کار میں لکھے جاتے ہیں۔ جب تک گنت کار کے تینوں خارجی بِٹ بیکوقت پست[۱۶] نہ ہوں جمع گیٹ بلند رہتا ہے لہٰذا گنت کار الٹ گنتی جاری رکھے گا۔ جیسے ہی گنت

---

[۱۵] pulsegenerator

[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۔

کار 000_2 کو پہنچتا ہے، جمع گیٹ کا مخارج پست ہو گا اور گنت کار گنتی روک دے گا۔ یوں تین بِٹ میں پیش درکار دورانیہ کے لیے **دھڑکن** بلند رہتا ہے۔

سوالات

سوال ۸.۱: چار بٹ معاصر سیدھا گنت کار کی موجودہ گنتی 0101_2 ہے۔ ساعت کے کتنے کناروں بعد 0000_2 ہو گا؟

جواب: گیارہ کناروں بعد۔

سوال ۸.۲: سولہ بٹ معاصر گنت کار کی موجودہ گنتی $3FA7_{16}$ ہے۔ ساعت کے کتنے کنارے گزرنے کے بعد 0000_{16} ہو گا؟ (ا) تصور کریں یہ سیدھا گنت کار ہے۔ (ب) تصور کریں یہ الٹ گنت کار ہے۔

جواب: (ا) 49241_{10}، (ب) 16295_{10}

سوال ۸.۳: چار بٹ ثنائی لہریا گنت کار استعمال کر کے ثنائی مرموز اعشاری گنت کار بنایا جا سکتا ہے۔ پس اتنا کرنا ہو گا کہ 1010_2 پر پہنچ کر گنتی فوراً زبردستی 0000_2 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 ثنائی 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 کا مداخل 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 ثنائی معاصر گنت کار تشکیل دیں جو صفر (0000_2) سے چودہ (1110_2) تک جفت گنتی کے بعد ایک (0001_2) سے پندرہ (1111_2) تک طاق گنتی کرے اور اس ترتیب کو دہراتا رہو۔ ابتدا 0000_2 سے کریں۔

سوال ۸.۷: ایسا چار بِٹ چھلا گنت کار تخلیق دیں جو بلند بِٹ کو Q_0 سے Q_1 رخ گھماتا ہو۔

سوال ۸.۸: شکل ۸.۱۰ میں دھڑکن پیداکار (دورانیہ پیداکار) دکھایا گیا ہے۔ ساعت کا تعدد 10 MHz اور درکار دورانیہ 500 ns ہے۔ درکار دورانیہ کے تین بٹ کیا ہوں گے؟

جواب: 110_2

سوال ۸.۹: کارناف نقشے استعمال کر کے مساوات ۸.۳ حاصل کریں۔ گنت کار کے جدول سے ابتدا کریں۔

سوال ۸.۱۰: جے کے پلٹ استعمال کرتے ہوئے مساوات ۸.۳ کی متبادل مساوات کیا ہوں گی؟

باب ۹

حافظہ

ایک پلٹ ایک **ثنائی ہندسہ** معلومات (مواد) ذخیرہ کرنے کی صلاحیت رکھتا ہے۔ ثنائی ہندسے کو **بِٹ**[1] بھی کہتے ہیں۔ یوں ایک پلٹ ایک ثنائی ہندسہ **حافظہ**[2] کے طور پر کام کر سکتا ہے۔ آٹھ پلٹ جوڑ کر آٹھ ثنائی ہندسہ حافظہ حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح n بِٹ پلٹ سے n بِٹ حافظہ بنایا جا سکتا ہے۔ آٹھ ثنائی بِٹ کو ایک **ہشتمی عدد** یا ایک **بائٹ**[3] کہتے ہیں۔ حافظہ میں رکھے گئے مواد کو **لفظ**[4] کہتے ہیں۔ حافظہ میں **الفاظ** کی لمبائی قطعی ہوتی ہے۔ یوں آٹھ بِٹ لفظ ایک بائٹ پر مشتمل ہو گا جبکہ سولہ بِٹ لفظ دو بائٹ پر مشتمل ہو گا۔ کمپیوٹر میں موجود کل حافظے 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**[5] یا حافظہ لکھنا کہتے ہیں جبکہ حافظہ سے مواد کے حصول کو مواد **پڑھنا**[6] 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**[7] کہلاتا ہے، میں معلومات اس وقت تک محفوظ رہتی ہے جتنی دیر حافظے کو درکار برقی طاقت مہیا کی جائے۔ کسی بھی وقت، عارضی حافظے میں کسی بھی مقام پر معلومات لکھی یا اس مقام سے معلومات پڑھی جا سکتی ہے۔ معلومات کا، حافظہ میں کسی بھی مقام پر لکھنے یا اس سے پڑھنے میں درکار وقت تمام مقامات کے لیے تقریباً برابر ہو گا۔ اس دورانیہ کو **حافظہ کا دورانیہ رسائی** یا مختصراً **دورانیہ رسائی**[8] کہتے ہیں۔

دوسری قسم کا حافظہ، جو **پختہ حافظہ**[9] 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۔ پختہ حافظہ سے معلومات کسی بھی وقت کسی بھی مقام سے پڑھی جا سکتی ہے۔ حافظے کے تمام مقامات سے مواد پڑھنے کے لیے درکار وقت، جو حافظہ کا **دورانیہ رسائی** کہلاتا ہے، تقریباً ایک سا ہو گا۔ عام استعمال میں پختہ حافظہ سے معلومات صرف پڑھی جاتی ہے۔ پختہ حافظوں کی

---

[1] bit
[2] memory
[3] byte
[4] word
[5] write
[6] read
[7] randomaccessmemory,RAM
[8] accesstime
[9] ROM,readonlymemory

جدول ۹.۱: حافظہ سے مواد مٹانے کا مفہوم

1011 0101	1111 1111
0000 0000	1111 1111
1111 1111	1111 1111
0110 0110	1111 1111
(ا) مواد سے بھرا حافظہ	(ب) مواد سے خالی حافظہ

مختلف اقسام میں معلومات محفوظ کرنے کے طریقے ایک دوسرے سے مختلف ہوں گے۔ ایک قسم کے پختہ حافظہ میں معلومات صرف اور صرف ایک مرتبہ لکھی جاسکتی ہے، لہٰذا اسے صرف ایک مرتبہ معلومات کی لکھائی کے لیے استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس کو **ایک مرتبہ قابل لکھائی پختہ حافظہ**[10] کہتے ہیں۔ دوسری قسم کی پختہ حافظہ میں معلومات بار بار لکھی جاسکتی ہے تاہم ایسا کرنے سے پہلے اس سے پرانی معلومات **مٹانی** ضروری ہے۔ جدید پختہ حافظہ سے معلومات برق کی مدد سے مٹائی جاتی ہے۔ ایسے پختہ حافظہ کو **برق مٹتا پختہ حافظہ**[11] کہتے ہیں۔ شروع میں پختہ حافظہ کی ایک قسم کو شعاع سے مٹایا جاتا تھا۔ اس کو **شعاع مٹتا پختہ حافظہ**[12] کہتے ہیں۔

کاغذ پر لکھائی کو مٹانے سے صاف ستھرا کاغذ ملتا ہے۔ پلٹ ہر صورت بلند یا پست حال ہوتا ہے لہٰذا اس سے مواد کاغذ کی طرح نہیں مٹایا جاسکتا۔ لکھائی سے صاف حافظہ سے مراد وہ حافظہ ہو گا جس کے تمام بِٹ بلند (1) ہوں۔ جدول ۹.۱ میں آٹھ بِٹ لمبائی کے چار لفظ حافظہ استعمال کرتے ہوئے مواد سے بھرے اور خالی حافظہ کی وضاحت کی گئی ہے۔ یقیناً، حافظہ کے تمام بِٹ پر 1 لکھنا اور حافظے سے مواد مٹانا ایک جیسا ہو گا۔

۹.۱ عارضی حافظہ

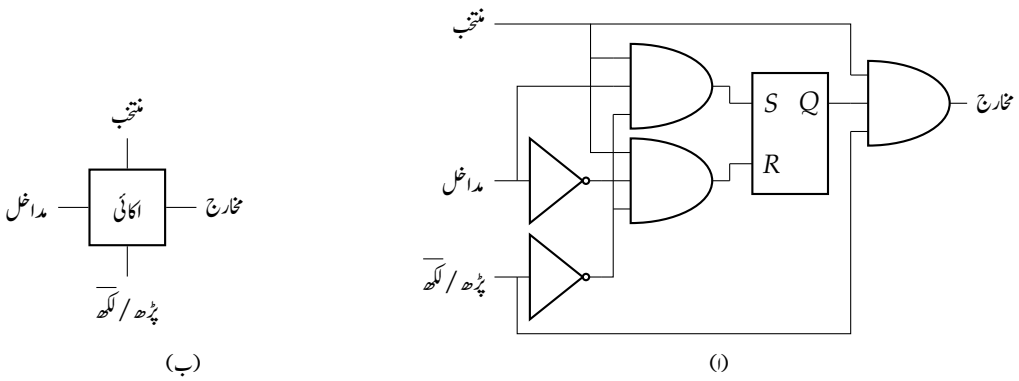
اس حصے میں عارضی حافظے کی بناوٹ پر غور کیا جائے گا۔ ایک بِٹ حافظہ بنیادی طور ایک پلٹ ہو گا، جس میں مواد لکھنے اور پڑھنے کی صلاحیت موجود ہو گی۔ حافظہ عموماً کثیر تعداد بِٹوں پر مشتمل ہو گا لہٰذا حافظہ میں ہر پلٹ تک، لکھنے اور پڑھنے کی خاطر، رسائی ضروری ہے۔ شکل ۹.۱ میں **ثنائی عارضی حافظے کی اکائی**[13]، جس کو مختصراً **اکائی حافظہ**[14] کہتے ہیں، کی بناوٹ اور علامت پیش ہے، جہاں مواد ذخیرہ کرنے کے لیے ایس آر پلٹ استعمال کیا گیا ہے۔ حقیقت میں کئی طریقے مستعمل ہیں جن پر بعد میں غور کیا جائے گا۔

اکائی حافظہ سے رجوع کے لیے اس کا **منتخب** اشارہ بلند کیا جاتا ہے اور مواد لکھنے کی خاطر ساتھ ہی پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ پست کر کے داخلی مواد فراہم کیا جاتا ہے جبکہ مواد پڑھنے کی خاطر پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ بلند کر کے مواد پڑھا جاتا ہے۔

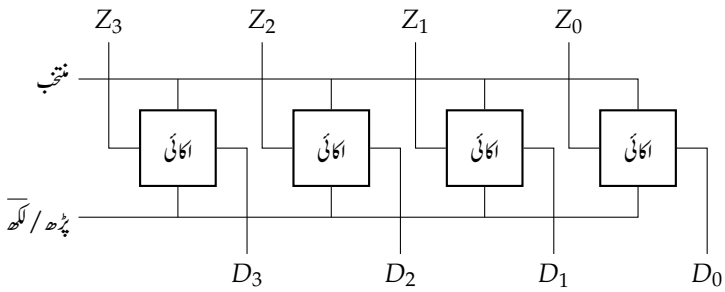
متعدد بِٹ حافظہ اس اکائی حافظہ کی مدد سے حاصل ہو گا۔ شکل ۹.۲ میں چار بِٹ لفظ کا حافظہ پیش ہے جہاں تمام اکائی حافظوں کے ''منتخب'' قابو اشارے ایک ساتھ اور '' پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ '' ایک ساتھ جوڑے گئے ہیں۔ یوں لفظ کے چاروں بِٹ بیک وقت منتخب ہوتے ہیں اور اس میں مواد Z بیک وقت لکھا جاسکتا ہے، یا ذخیرہ مواد بیک وقت D سے پڑھا جاسکتا ہے۔

---

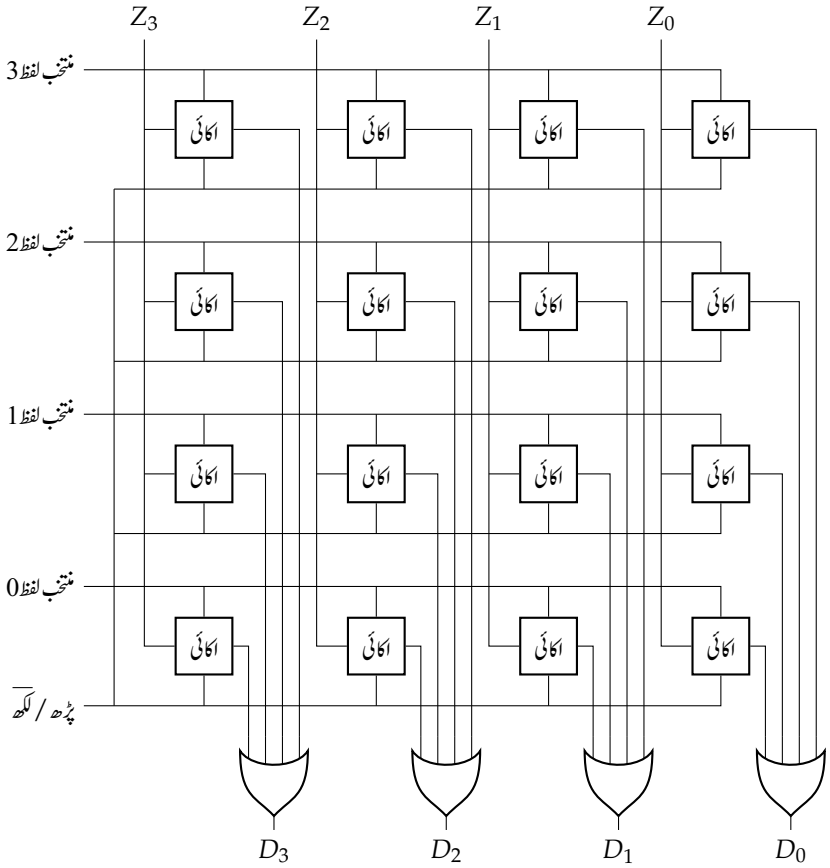
[10] onetimeprogrammablereadonlymemory,OTP
[11] electricallyerasablereadonlymemory,EEROM,E^2PROM
[12] UVerasablereadonlymemory,UVerasableROM
[13] binarymemorycell
[14] unitmemory



شکل ۹.۱: اکائی حافظہ



شکل ۹.۲: ایک لفظ حافظہ



شکل ۹.۳: چار لفظ عارضی حافظہ

جدول ۹.۲: عارضی حافظے کا استعمال

عمل	A_0	A_1	پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$	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 جا سکتا 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 پست رہتا ہے۔ یوں حافظہ کے کسی بھی لفظ تک رسائی ممکن نہیں ہو گی۔ حافظہ میں مواد لکھنے کی خاطر مواد Z داخلی راستے فراہم کر کے پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ پست رکھ کر مطلوبہ مقام کا ''منتخب''، اشارہ بلند کیا جاتا ہے۔ یوں مواد مطلوبہ مقام پر لکھا جاتا ہے۔ فرض کریں ہم اعشاری تین (3_{10}) کے ثنائی مرموز اعشاری 0011_2 کو حافظہ کے لفظ 2 کے مقام پر لکھنا چاہتے ہیں۔ ہم مداخل پر 0011_2 مہیا کر کے پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ پست 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 پست رہیں گے۔ اسی لفظ کو پڑھنے کے لیے ہم پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ بلند رکھ کر لفظ 2 کا ''منتخب'' بلند کریں گے۔ ایسا کرنے سے مخارج D پر 0011_2 خارج ہو گا جہاں سے اسے پڑھا جا سکتا ہے۔

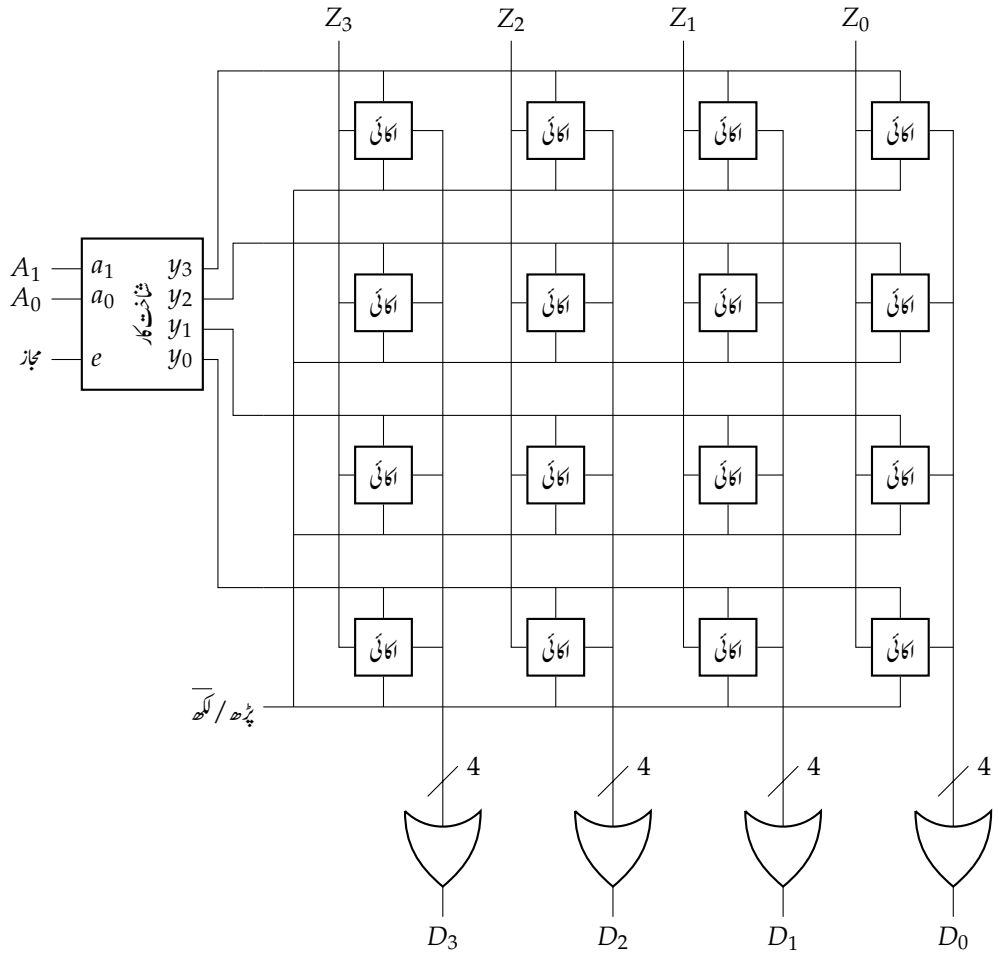
حقیقی حافظہ میں الفاظ تک رسائی **پتہ** کے ذریعے کی جاتی ہے۔ چار لفظ حافظہ میں الفاظ تک رسائی، دو بٹ پتہ استعمال کرتے ہوئے دو سے چار شناخت کار کی مدد سے ممکن ہے۔ شکل ۹.۴ میں یہ عمل پیش کیا گیا ہے جہاں A_0 ، اور A_1 پتہ بٹ ہیں۔ پتہ کو دیکھ کر شناخت کار مطلوبہ مخارج بلند کر کے لفظ کا مقام منتخب کرتا ہے۔ یوں دو پتہ بٹ کا حافظہ مثال بناتے ہوئے، پتہ 00 ہمیں حافظہ کے اول مقام تک رسائی دے گا۔ ہم یوں بھی کہہ سکتے ہیں کہ ہم نے مقام 00 تک رسائی حاصل کی۔ اسی طرح پتہ 11 آخری یا چوتھے مقام تک رسائی دے گا اور ہم کہہ سکتے ہیں کہ ہم نے مقام 11 تک رسائی حاصل کی۔ کسی مقام سے مواد حاصل کرتے (پڑھتے) ہوئے یا اس مقام میں مواد لکھتے (ذخیرہ کرتے) ہوئے ہم کہیں گے **مخاطب مقام**[۱۵] سے مواد حاصل کیا گیا یا مخاطب مقام سے مواد ذخیرہ کیا گیا۔

عارضی حافظہ کا استعمال جدول ۹.۲ میں دکھایا گیا ہے۔ **مجاز** پست ہونے کی صورت میں حافظہ **بلند رکاوٹی حال**[۱۶] اختیار کر کے بیرونی ادوار سے مکمل منقطع ہو گا۔

شکل ۹.۴ میں چار بٹ جمع گیٹ کی ایک نئی علامت استعمال کی گئی ہے۔ گیٹ کا ایک مداخل 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 ہے۔ اس طرح کی علامت میں گیٹ کے مداخل علیحدہ علیحدہ نہیں دکھائے جاتے بلکہ تمام مداخل ایک داخلی

---

[۱۵] addressedlocation
[۱۶] highimpedancestate



شکل ۹.۴: چار لفظ عارضی حافظہ کا بہتر خاکہ

تار سے ظاہر کیے جاتے ہیں۔ یوں دور کا نقشہ کاغذ پر کھینچتے ہوئے 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 لیے کیا جاتا ہے۔ یوں حافظہ کے گزشتہ دو اشکال ایک ہی دور بنانے کے دو طریقے ہیں۔

اسی طرز پر متعدد لفظ حافظے کی علامت بھی بنائی جاتی ہے۔ دس بِٹ 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 بائٹ**[۱۷] $2\,\mathrm{kB}$ سے مراد 2048_{10} بائٹ ہو گا۔

شکل ۹.۵ میں **مستحکم کار** کے استعمال پر غور کریں۔ **مجاز** اور پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ دونوں بلند ہونے کی صورت میں حافظہ میں ذخیرہ مواد D پر خارج ہو گا جبکہ مجاز بلند اور پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ پست ہونے کی صورت میں D پر مہیا مواد حافظہ میں لکھا جائے گا۔ یوں D بطور مداخل و مخارج کام کرتا ہے۔ شکل ۹.۴ میں مداخل Z کے لیے چار اور مخارج D کے لیے چار پنیوں کی ضرورت تھی۔ یہاں شکل ۹.۵ میں صرف چار پنیوں کی ضرورت ہو گی۔

جدید عارضی حافظوں میں کثیر تعداد کے الفاظ ذخیرہ کرنے کی گنجائش ہوتی ہے۔ شکل ۹.۶-ا میں چار لفظ حافظے کے **مخلوط دور**[۱۸] کی علامت دکھائی گئی ہے جہاں لفظ کے چار داخلی و خارجی بِٹوں کو D کے بجائے I/O کہا گیا ہے۔ شکل-ب میں مجاز کی جگہ $\overline{\text{مجاز}}$ استعمال کیا گیا ہے، جو شکل-ا کے مجاز مداخل پر نفی گیٹ نصب کرنے سے حاصل ہو گا؛ مزید پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ کو مختصراً $\overline{\text{لکھ}}$ پکار کر اور پنیا پر گول دائرہ ڈال کر اس کا **پست فعال پن**[۱۹] ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں $\overline{\text{لکھ}}$ پست ہونے کی صورت میں **حافظے میں** مواد لکھا اور بلند صورت میں **حافظے سے** مواد پڑھا جاتا ہے۔

شکل-ج میں بارہ بِٹ پتہ، ایک بائٹ لفظ عارضی حافظے کی علامت دکھائی گئی ہے۔ بارہ بِٹ پتہ $2^{12} = 4096_{10}$ بائٹ تک رسائی ممکن بناتا ہے لہٰذا یہ چار کلو بائٹ عارضی حافظہ کی علامت ہے۔ اس مخلوط دور میں $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل[۲۰] کا اضافہ کیا گیا ہے جو **پست فعال** ہے۔ اس پر اب بات کرتے ہیں۔

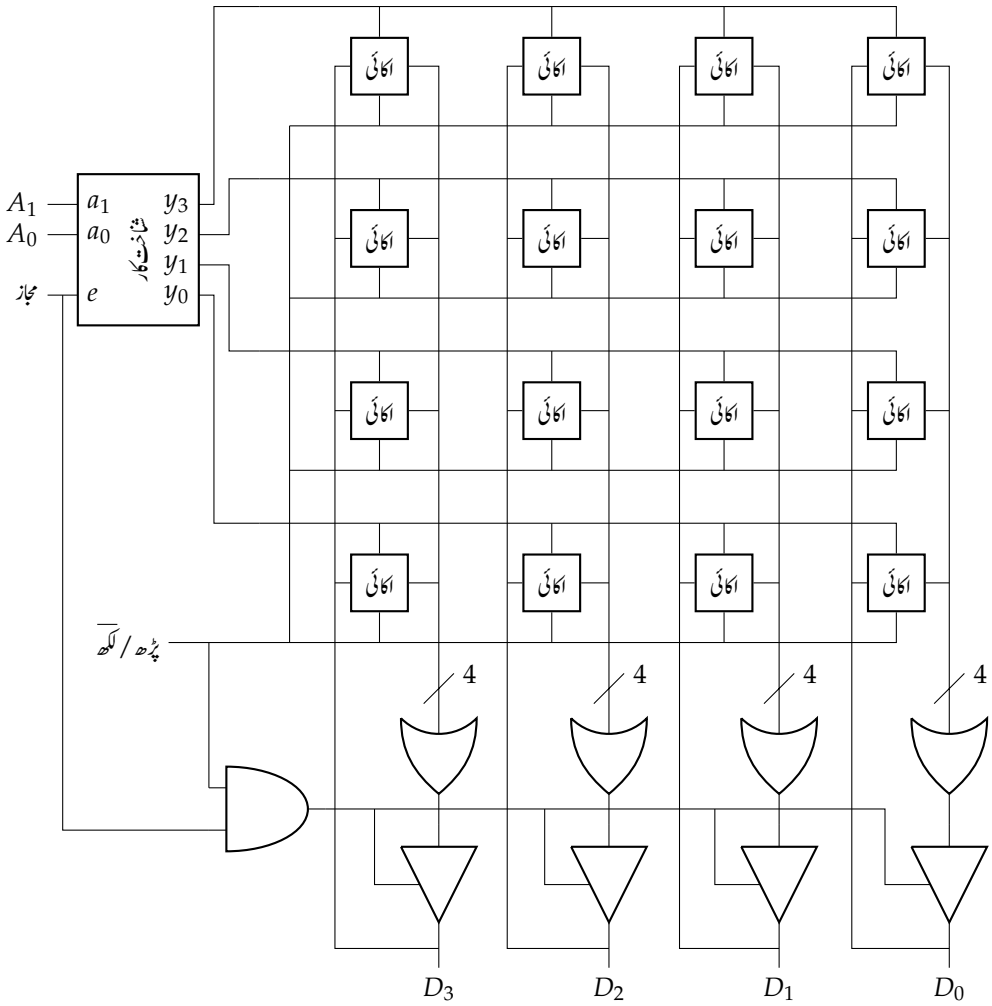
مخلوط دور میں متعدد گیٹ پائے جاتے ہیں اور جدید برقیاتی آلات کئی مخلوط ادوار پر مشتمل ہوتے ہیں۔ یہ سب برقی طاقت سے چلتے ہیں۔ ہم کہتے ہیں برقی طاقت انہیں **بیدار** رکھتی ہے۔ برقیاتی آلات عموماً بیٹری سے برقی طاقت حاصل کرتے ہیں۔ درکار برقی طاقت کم کرنے سے بیٹری زیادہ دیر کارآمد رہتی ہے۔

برقیاتی آلات میں مختلف مخلوط ادوار کی ضرورت مختلف لمحات پر ہو گی۔ ان لمحات کے علاوہ انہیں بیدار رکھنے سے بلا ضرورت برقی توانائی ضائع ہو گی۔ غیر مستعمل مخلوط ادوار کی برقی طاقت منقطع نہیں کی جا سکتی ہے۔ عارضی حافظے کی مثال لیتے 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 جا سکتا ہے۔ عارضی حافظے کے مخلوط دور میں $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل اس مقصد کے لیے مہیا کیا گیا ہے۔ جس لمحے پر مخلوط دور کی ضرورت ہو، $\overline{\text{بیدار}}$ 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 طرفہ مستحکم کار کی مدد سے، مکمل طور پر منقطع رہتا ہے اور اس میں نہ کچھ لکھا جا سکتا ہے اور نہ ہی اس سے کچھ پڑھا جا سکتا ہے۔ نڈھال حال میں حافظہ کمتر برقی توانائی صرف کرتا ہے۔ عام طور شناخت کار کی مدد سے بیدار کیے جانے والے مخلوط دور کی شناخت کی جاتی ہے۔

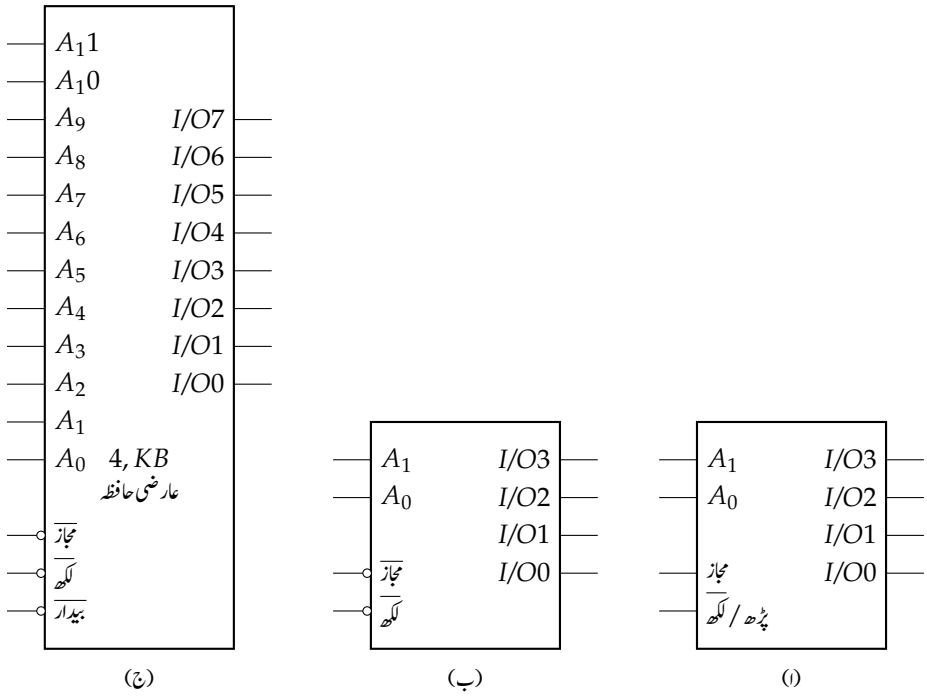
چار لفظ حافظہ کی تصوراتی تصویر شکل ۹.۷-ا میں دکھائی گئی ہے جہاں دو بِٹ پتہ اور چار بِٹ مواد ثنائی روپ میں دکھائے گئے ہیں۔ شکل-ب میں ایک کلو بائٹ ($1\,\mathrm{kB}$) حافظے کی تصوراتی تصویر پیش ہے جہاں مواد کو ثنائی جبکہ پتہ کو اعشاری روپ میں دکھایا گیا ہے۔ چار لفظ حافظہ کا پہلا لفظ مقام 00_2 اور آخری مقام 11_2 پر پایا جاتا ہے۔ اسی طرح ایک کلو بائٹ حافظہ میں پہلا لفظ مقام 0_{10} اور آخری مقام 1023_{10} ہے۔ چار بِٹ حافظہ میں پہلا لفظ 0110_2 اور آخری 1001_2 ہے۔ ایک کلو بائٹ حافظہ میں مقام 1021_{10} پر مواد 00111010_2 درج ہے۔

---

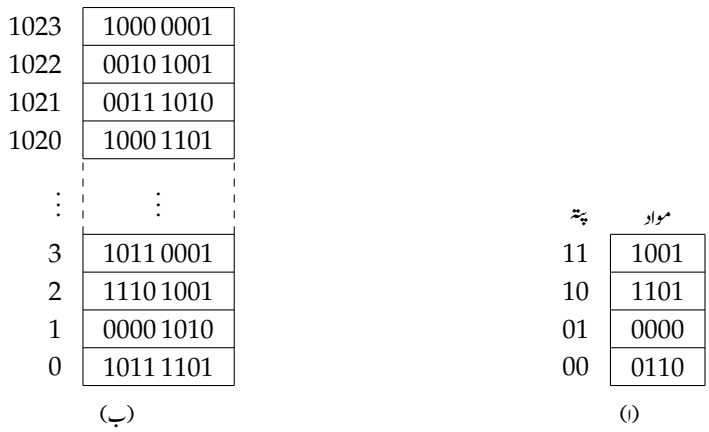
[۱۷] kilobyte
[۱۸] integratedcircuit,IC
[۱۹] activelow
[۲۰] CS,chipselect



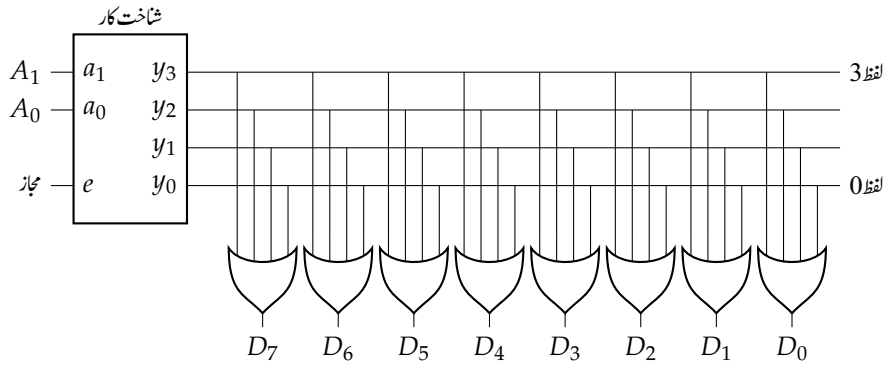
شکل ۹.۵: مشترک داخلی و خارجی راہ کا چار لفظ عارضی حافظہ



شکل ۹.۶: عارضی حافظوں کے مخلوط ادوار کی علامتیں



شکل ۹.۷: حافظہ کی تصوراتی تصویر



شکل ۹.۸: چار بائٹ پختہ حافظہ کی اندرونی ساخت

مشق ۹.۱: عارضی حافظہ 6116 کے معلوماتی صفحات سے اس کی استعداد ''کلو بائٹ'' میں معلوم کریں۔

۹.۲ پختہ حافظہ

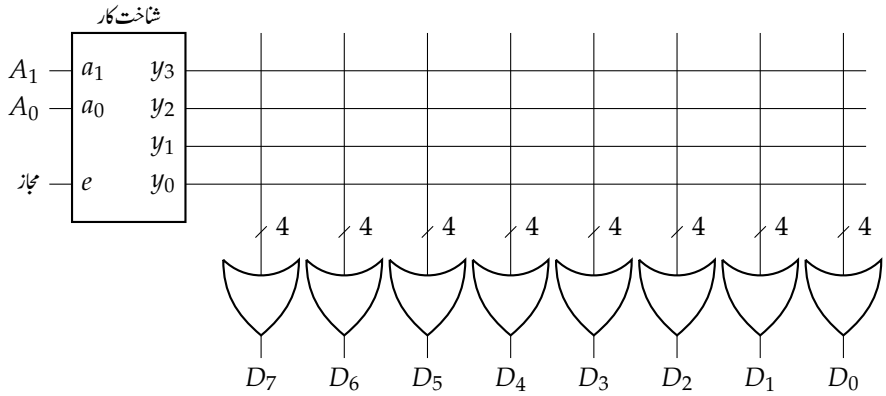
پختہ حافظے سے مراد وہ حافظہ ہے جس میں مواد برقی طاقت کی عدم موجودگی میں بھی محفوظ رہتا ہو۔ پختہ حافظہ کا بنیادی استعمال وہاں ہو گا جہاں مواد تبدیل نہ ہو۔

عارضی حافظے کی طرح پختہ حافظہ بھی مختلف لمبائی کے الفاظ پر مشتمل ہو گا۔ لفظوں تک رسائی پتہ کے ذریعہ ہو گی؛ n بِٹ پتہ کے پختہ حافظہ میں 2^n لفظ ہوں گے۔

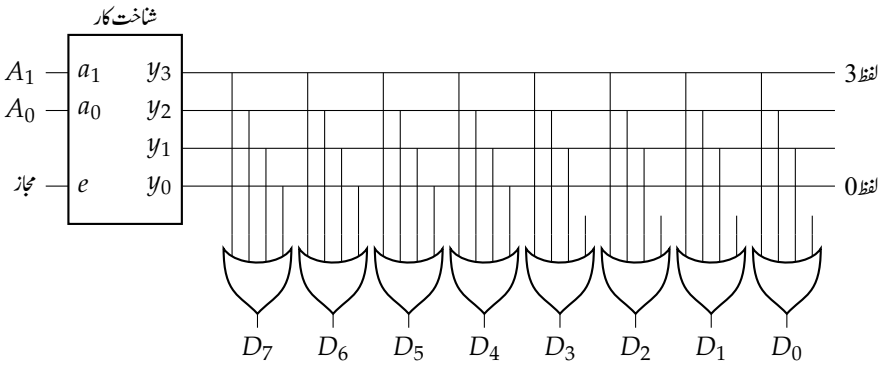
بائٹ لمبائی چار لفظ پختہ حافظے کی اندرونی ساخت شکل ۹.۸ میں دکھائی گئی ہے جس کی بہتر صورت شکل ۹.۹ پیش کرتی ہے، جہاں چار داخلی جمع گیٹ کی صاف شکل استعمال کی گئی ہے۔ مستعمل دو سے چار شناخت کار، پتہ کے دو بِٹ سے چار مقامات تک رسائی ممکن بناتا ہے۔ یوں چار الفاظ تک رسائی ممکن ہو گی۔

شکل ۹.۸ میں بالکل نیا غیر استعمال شدہ پختہ حافظہ دکھایا گیا ہے۔ پتہ 00_2 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 ہو گا۔ پتہ 01_2 لفظ 1 چنے گا اور D پر 11111111_2 خارج ہو گا۔ آپ تسلی کر لیں کہ چاروں پتہ پر یہی مواد ملتا ہے۔ کسی بھی نئے غیر استعمال شدہ پختہ حافظے کے ہر لفظ کے تمام بِٹ بلند (1) ہوں گے۔

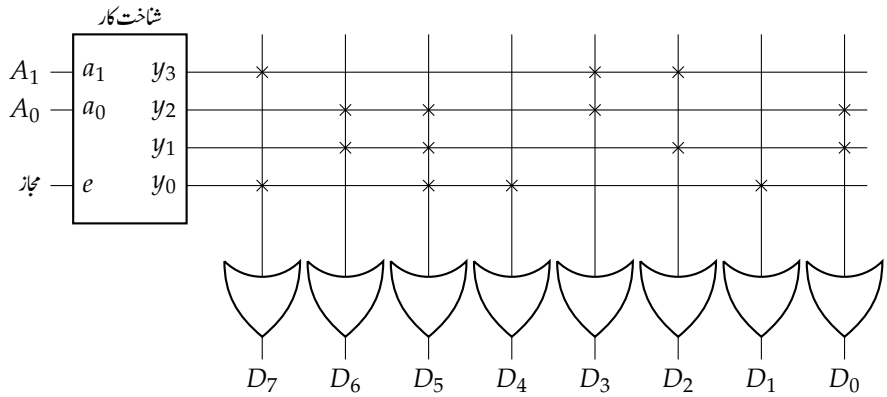
آپ نے دیکھا کہ بلند y_0 کی صورت میں تمام جمع گیٹ کو یہی بلند اشارہ ملتا ہے اور یوں تمام جمع گیٹ کے مخارج بلند ہوں گے۔ جمع گیٹ سے y_0 کا جوڑ منقطع کرنے سے y_0 جمع گیٹ تک نہیں پہنچے گا۔ شکل ۹.۱۰ میں دائیں چار جمع گیٹ y_0 سے منقطع ہیں لہٰذا y_0 بلند کر کے لفظ 0 پڑھنے سے D پر 11110000_2 ملتا ہے۔ یہاں ایک بات ذہن نشین کریں: ایسے اشکال میں جمع گیٹ کا منقطع مداخل جمع گیٹ کے مخارج پر اثر انداز نہیں ہو گا۔



شکل ۹.۹: چار بائٹ پختہ حافظہ کی اندرونی ساخت



شکل ۹.۱۰: پختہ حافظہ میں لکھائی



(ا)

پتہ	مواد
00	1011 0010
01	0110 0101
10	0110 1001
11	1000 1100

(ب)

شکل ۹.۱۱: پختہ حافظہ میں لکھا گیا مواد

امید کی جاتی ہے آپ پختہ حافظہ میں لکھائی کا عمل بخوبی سمجھ گئے ہوں گے۔ پختہ حافظے میں جوڑوں کو توڑ کر مواد لکھا جاتا ہے۔ اس قسم حافظہ میں ہر جوڑ دراصل ایک **برقی فتیلہ**[۲۱] (فیوز) ہوتا ہے۔ فتیلے کی استعداد سے زیادہ برقی رو فتیلے 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 بِٹ کے مقام پر 0 ہو، حافظہ کے اندر اس لفظ کے اس بِٹ کا جوڑ تباہ کیا جاتا ہے۔

شکل ۹.۱۱-ا میں غیر تباہ شدہ جوڑ صلیبی نشان $(\times)$ 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 گیٹ استعمال کیے گئے۔ ایک لفظ 8 بِٹ ہونے کی وجہ سے کل 8 جمع گیٹ استعمال کیے گئے۔ یوں ان حافظوں میں کل 4×8 یعنی بتیس (32) جوڑ یا فتیلے ہوں گے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ n بِٹ پتے کے حافظے میں 2^n لفظ ہوں گے لہٰذا ایسے حافظے میں 2^n داخلی جمع گیٹ ہوں گے۔ اگر حافظے کا ایک لفظ m بِٹ ہو تب جمع گیٹوں کی تعداد m ہو گی۔ یوں حافظے میں جوڑوں کی تعداد $m \times 2^n$ ہو گی۔

شعاع مٹتا پختہ حافظہ میں بار بار لکھائی ممکن ہے۔ ان میں جوڑ، برقی فتیلہ سے نہیں بنائے جاتے بلکہ ان جوڑ کو ایک **سوئچ**[۲۲] تصور کریں جنہیں مخصوص

---

[۲۱] electricfuse
[۲۲] switch

طریقے سے برقی طاقت کے ذریعہ منقطع کیا جاتا ہے۔ منقطع جوڑوں کو دوبارہ جوڑنے کی خاطر حافظے کو شعاع میں کچھ دیر رکھا جاتا ہے۔

جدید **برقی مٹتا پختہ 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**[۲۳] کی مدد سے کی جاتی ہے۔

۹.۳ حافظہ کی استعداد بڑھانے کی ترکیب

عارضی حافظوں (کے مخلوط ادوار) کے قابو مداخل عموماً $\overline{\text{بیدار}}$ ، $\overline{\text{مجاز}}$ اور پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ جبکہ پختہ حافظوں کے $\overline{\text{بیدار}}$ اور $\overline{\text{مجاز}}$ ہوں گے۔ اس حصے میں ہم تصور کرتے ہیں کہ حافظوں کے قابو اشارات صرف $\overline{\text{بیدار}}$ اور پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ ہیں جنہیں استعمال کرتے ہوئے ایک سے زیادہ حافظے آپس میں جوڑنا دکھایا جائے گا۔ حقیقت میں عموماً $\overline{\text{بیدار}}$ کے علاوہ تمام حافظوں کے ایک جیسے قابو مداخل ایک ساتھ جوڑے جاتے ہیں۔ یوں تمام حافظوں کے $\overline{\text{مجاز}}$ مداخل اکٹھے جوڑے جائیں گے اور اسی طرح تمام کے پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ ایک ساتھ جوڑے جائیں گے۔

۹.۳.۱ دو عدد 4×4 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک عدد 4×8 حافظہ کا حصول

کبھی کبھار درکار استعداد کا حافظہ میسر نہیں ہو گا۔ ایسی صورت میں ایک سے زیادہ حافظے اکٹھے جوڑ کر درکار بائٹ ذخیرہ کرنا ممکن بنایا جاتا ہے۔ شکل ۹.۱۲-ا میں 4×4 کے دو حافظے جوڑ کر دگنی استعداد کا 4×8 حافظہ (شکل-ب) حاصل کیا گیا۔ چھوٹے حافظوں کو حافظہ 0 اور حافظہ 1 کہا گیا ہے۔ شکل-ا 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 اور D_3 بالترتیب حافظہ 1 کے D_0 ، D_1 ، D_2 اور D_3 سے جوڑے گئے ہیں۔ البتہ حافظہ 0 کا $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل (جسے $\overline{\text{بیدار0}}$ کہا گیا ہے) سیدھا A_2 کے ساتھ ملایا گیا ہے جبکہ حافظہ 1 کا $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل (جسے $\overline{\text{بیدار1}}$ کہا گیا ہے) نفی گیٹ کے ذریعہ A_2 سے جوڑا گیا ہے۔ حافظہ 0، حافظہ 1، اور نفی گیٹ کو ہم ایک بڑا حافظہ تصور کر سکتے ہیں جس کی علامت شکل-ب میں پیش ہے۔

شکل ۹.۱۳-ا میں تین پتہ بٹ کی تمام ترتیب دی گئی ہیں۔ (شکل ۹.۱۱ دیکھتے ہوئے آگے پڑھیں۔) پست A_2 سے مراد پست $\overline{\text{بیدار0}}$ اور بلند $\overline{\text{بیدار1}}$ ہو گا جس سے حافظہ 0 جاگ اٹھتا ہے اور حافظہ 1 نڈھال رہتا ہے۔ اسی طرح بلند A_2 سے $\overline{\text{بیدار0}}$ بلند اور $\overline{\text{بیدار1}}$ پست ہو گا جس سے حافظہ 0 نڈھال اور حافظہ 1 جاگ اٹھے گا۔

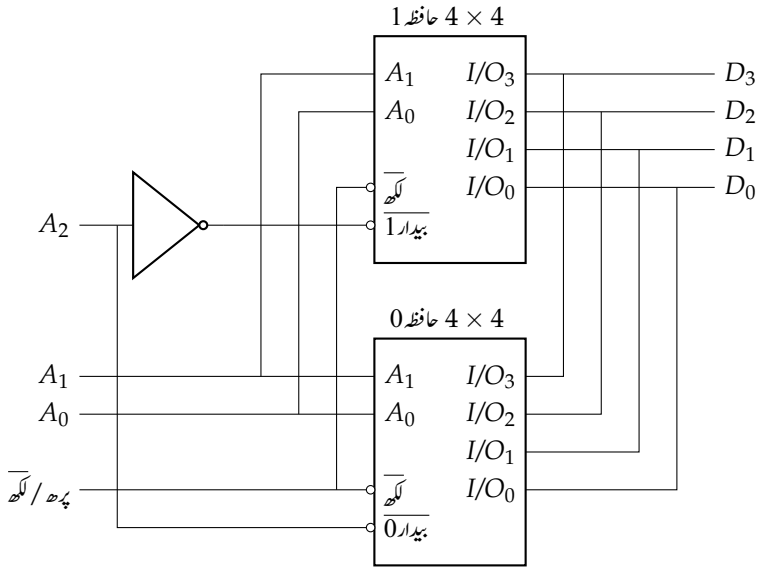
یوں پست A_2 کی صورت میں پتہ کے باقی دو بٹ A_0 اور A_1 حافظہ 0 کے مختلف مقامات تک رسائی ممکن بنائیں گے۔ پتہ 000_2 حافظہ 0 کے صفر ویں مقام اور پتہ 011_2 حافظہ 0 کے تیسرے مقام تک رسائی دیتا ہے۔

اسی طرح بلند A_2 کی صورت میں پتہ کے باقی دو بٹ A_0 اور A_1 حافظہ 1 کے مختلف مقامات تک رسائی ممکن بنائیں گے۔ پتہ 000_2 حافظہ 1 کے صفر ویں اور پتہ 011_2 حافظہ 1 کے تیسرے مقام تک رسائی دیتا ہے۔

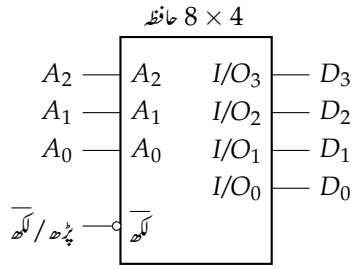
گزشتہ دو نثر پاروں کا خلاصہ درج ذیل ہے۔ چار لفظ کے دو حافظے مل کر آٹھ لفظ حافظہ کے طور پر کام کرتے ہیں۔ الفاظ کی لمبائی جوں کی توں چار بٹ رہتی ہے۔ اس طرح پتہ 000_2 کل حافظے کے صفر ویں مقام تک رسائی دیتا ہے، پتہ 011_2 کل حافظے کے تیسرے، پتہ 100_2 کل حافظہ کے چوتھے اور پتہ 111_2 ساتویں مقام تک رسائی دیتا ہے۔ یوں دو عدد حافظے جوڑ کر ایک عدد حافظہ حاصل کیا جا سکتا ہے اور ان کی اندرونی ساخت پر ہر وقت غور کرنے کی ضرورت نہیں۔ شکل ۹.۱۱-ب میں اس حقیقت کو مدِ نظر رکھتے ہوئے ان دو حافظوں بمع نفی گیٹ کو بطور ایک 4×8 حافظہ دکھایا گیا ہے جس کے تین

---

[۲۳] ICprogrammer

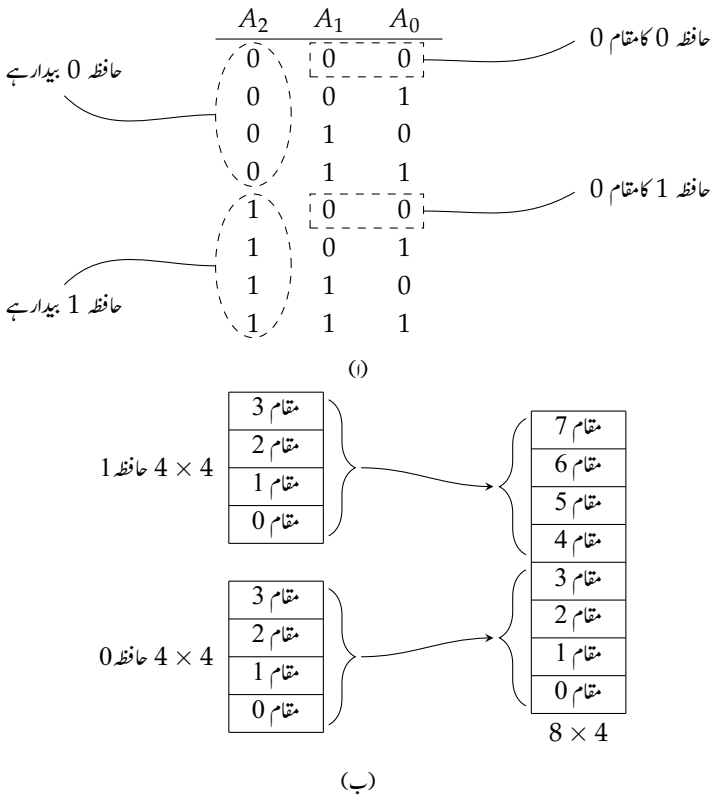


(ا)



(ب)

شکل ۹.۱۲: دو حافظے جوڑ کر بڑے حافظے کا حصول



شکل ۹.۱۳: کل حافظہ میں چھوٹے حافظوں کا مقام

جدول ۹.۳: جدول برائے شکل ۹.۱۴

A_5	A_4	$\overline{y_3}$	$\overline{y_2}$	$\overline{y_1}$	$\overline{y_0}$	$A_5A_4A_3A_2A_1A_0$
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	$110000 - 111111$

پتہ بِٹ اور چار مواد بِٹ ہیں۔ شکل ۹.۱۳-ب میں تین بِٹ 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 صفر واں لفظ پایا جاتا ہے۔ یوں پتہ کے لحاظ سے ان دو حافظوں کو سلسلہ وار قریب رکھا گیا ہے۔ دو یا دو 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 بِٹ A_0 اور A_1 درکار تھے۔ ان دو بِٹ کو استعمال کر کے بیدار حافظے کے مختلف مقامات تک رسائی حاصل کی جاتی ہے جبکہ اگلا پتہ بِٹ 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 جا سکتا ہے۔ یوں دو عدد دس بِٹ پتہ کے حافظے جوڑتے وقت A_0 تا A_9 بیدار حافظہ کے مختلف مقامات تک رسائی دیں گے جبکہ A_{10} انہیں جداگانہ بیدار کرے گا۔

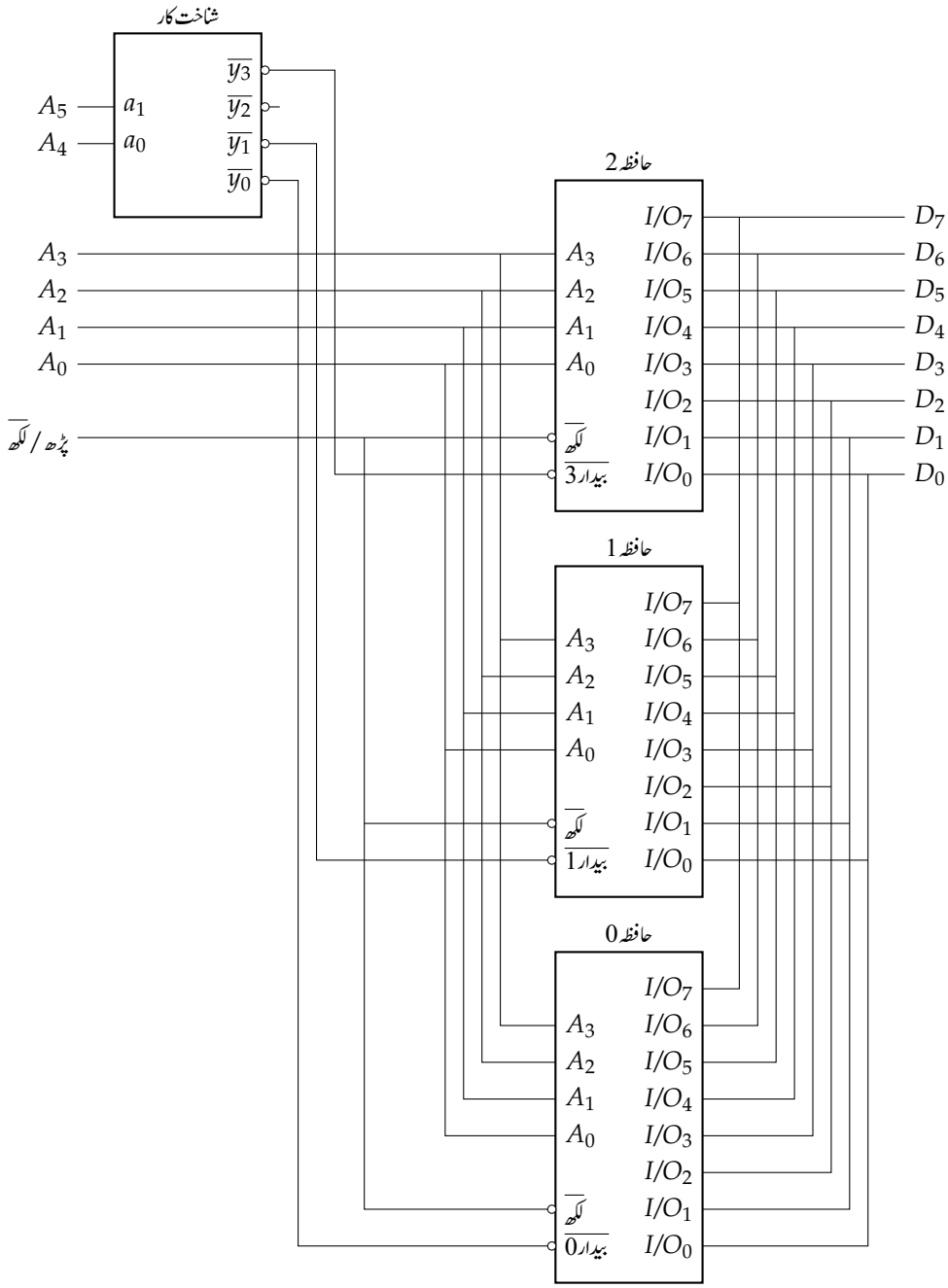
۹.۳.۲ تین 8×16 حافظے سلسلہ وار جوڑ کر ایک 8×48 حافظے کا حصول

شکل ۹.۱۴ میں پست مخارج 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 بِٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں۔ یوں تینوں کے A_0 ایک ساتھ جڑے ہیں، وغیرہ۔ اسی طرح ایک جیسے مواد بِٹ ساتھ ساتھ جوڑے گئے ہیں، لہٰذا تینوں D_0 ایک ساتھ جڑے ہیں، وغیرہ۔ تاہم ان کے $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل علیحدہ علیحدہ رکھے گئے ہیں تاکہ کسی ایک وقت پر صرف ایک حافظے کا $\overline{\text{بیدار}}$ فعال (پست) کر کے A_0 تا A_3 کے ذریعہ اس ایک حافظے کے سولہ مقامات تک رسائی حاصل کی جا سکے۔

شناخت کار کو پتہ بِٹ A_4 اور A_5 بطور مداخل فراہم کیے گئے جبکہ اس کے مخارج $\overline{y_0}$ ، $\overline{y_1}$ ، $\overline{y_2}$ ، اور $\overline{y_3}$ ہیں، جو مطلوبہ حافظے کی شناخت کرتے ہیں۔ **شناختے کار** کا نام یہیں سے نکلا ہے۔

جیسا آپ جانتے ہیں، شناخت کار کے مداخل 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 $\overline{y_0}$ پست ہو گا جو حافظہ 0 کے $\overline{\text{بیدار}}$ 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 پتہ بِٹ آزادانہ طور پر بلند یا پست کیے جا سکتے 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 لیے یوں پتہ بِٹ $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 000000_2 تا 001111_2 ہو گی۔ 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 $\overline{y_1}$ پست ہو گا جو $\overline{\text{بیدار}}$ 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 پتہ بِٹ آزادانہ طور پر بلند یا پست کیے جا سکتے 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 لیے $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 010000_2 تا 011111_2 ہو گی۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں۔ شکل ۹.۱۵ میں نیچے سے سولہ خانے چھوڑ کر اگلے سولہ خانے ان



شکل ۹.۱۴: حافظے جوڑنے کا عمومی طریقہ

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 صفر واں 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 $\overline{y_2}$ دے گا جو کہ کسی بھی حافظے کے ساتھ نہیں جڑا۔ یوں $A_5A_4 = 10$ کسی بھی حافظے کی شناخت نہیں کرتے لہٰذا باقی چار پتہ بِٹ کی قیمتیں 0000_2 تا 1111_2 کرنے سے کسی بھی حافظے کی کسی بھی مقام تک رسائی نہیں ہو گی۔ یوں پتہ 100000_2 تا 101111_2 حافظے کے کسی بھی مقام تک رسائی نہیں دیں گے لہٰذا اس خطے میں نہ مواد لکھا جا سکتا ہے اور نہ ہی اس خطے سے مواد پڑھا جا سکتا ہے۔ جدول کی دائیں قطار میں یہ حدود درج ہیں۔ شکل ۹.۱۵ میں انہیں **غیر مستعمل مقامات** لکھ کر ظاہر کیا گیا ہے۔

بلند A_4 اور بلند A_5 پست $\overline{y_3}$ دے کر حافظہ 3 کو بیدار کرتا ہے۔ $A_5A_4 = 11$ رکھتے ہوئے باقی چار پتہ بِٹ کی قیمتیں 0000_2 تا 1111_2 کرنے حافظہ 3 کے سولہ مقامات تک رسائی ہو گی۔ یوں $A_5A_4A_3A_2A_1A_0$ کی قیمت 110000_2 تا 111111_2 کرنے سے حافظہ 3 کے سولہ مقامات تک رسائی ہو گی۔ 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 خالی مقامات کا اختتام ہوتا ہے وہیں سے حافظہ 3 شروع ہوتا ہے۔

یہاں کل چھ پتہ بِٹ 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 (**خالی 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 قریب قریب 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 لا سکتے ہیں۔

۹.۳.۳ دو 4×4 حافظے متوازی جوڑ کر 8×4 حافظے کا حصول

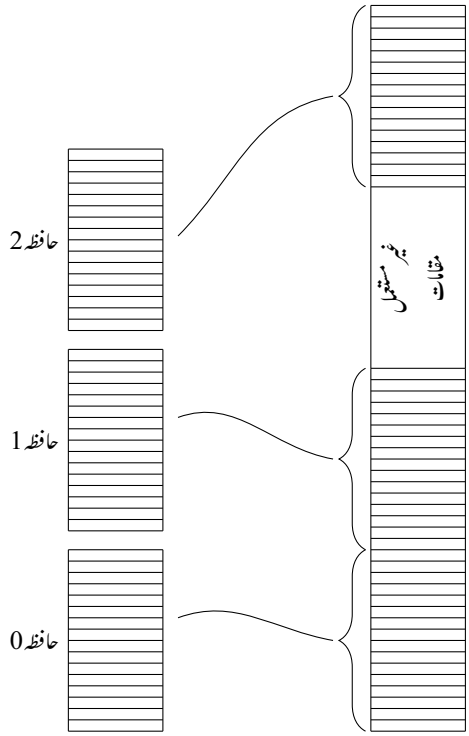
شکل ۹.۱۶-ا میں دو 4×4 حافظے متوازی جوڑ کر ایک 8×4 حافظہ حاصل کیا گیا ہے۔ دونوں حافظے بیک وقت بیدار ہوتے ہیں اور پتہ کے دو بِٹ A_0 اور A_1 دونوں حافظوں کے چار مقام تک رسائی دیتے ہیں۔ حافظہ 0 کے مواد کو D_0 تا D_3 جبکہ حافظہ 1 کے مواد کو D_4 تا D_7 تصور کر کے ان (D_0 تا D_7) آٹھ بِٹوں کو ایک بائٹ تصور کیا جا سکتا ہے۔ اس طرح متوازی جڑے دو حافظوں کو 8×4 استعداد کا ایک حافظہ تصور کیا جا سکتا ہے جسے شکل-ب میں تصوراتی شکل دی گئی ہے۔

۹.۴ حافظہ کے اوقات کار

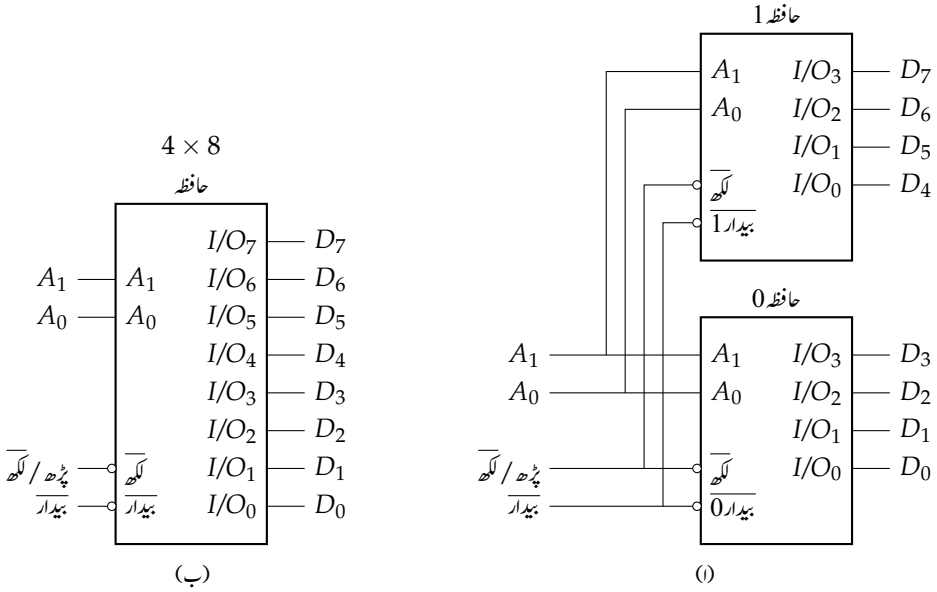
حافظہ عموماً **خرد عامل کار**[۲۴] (**مائکروپراسیسر**) کے ساتھ منسلکہ استعمال کیا جاتا ہے۔ عام طور پر مخلوط ادوار کوئی مخصوص کام سرانجام دینے کے لیے تخلیق کیے جاتے ہیں۔ خرد عامل کار ان سے مختلف نوعیت کا مخلوط دور ہے جو **احکامات**[۲۵] پر چلتا ہے۔ ان احکامات کو تبدیل کر کے مائکروپراسیسر سے مختلف کام لیے جا سکتے ہیں۔ یہ احکامات (پہلے سے) پختہ حافظے میں لکھے جاتے ہے جہاں سے مائکروپراسیسر انہیں پڑھ کر ان کی تعمیل کرتا ہے۔ مائکروپراسیسر کے ساتھ عموماً عارضی حافظہ منسلک کیا جاتا ہے جہاں یہ عارضی مواد لکھ کر ذخیرہ کر سکتا ہے، جسے مائکروپراسیسر بعد میں پڑھ سکتا ہے۔ مختلف صنعت کاروں کے تخلیق کردہ خرد عامل کار کے اپنے اپنے مخصوص احکامات ہوں گے جنہیں یہ سمجھ سکتا ہے اور جن پر یہ عمل کر سکتا ہے۔ کسی بھی مائکروپراسیسر کے تمام احکامات کو اس مائکروپراسیسر کی **مادری زبان**[۲۶] کہتے ہیں جبکہ کسی ایک حکم کو **ہدایت**[۲۷] کہتے ہیں۔

---

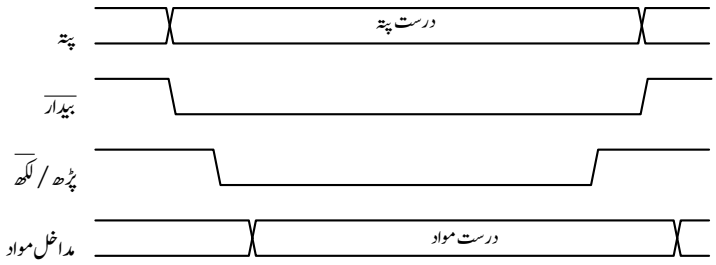
[۲۴] microprocessor
[۲۵] commands
[۲۶] assemblylanguage
[۲۷] instruction



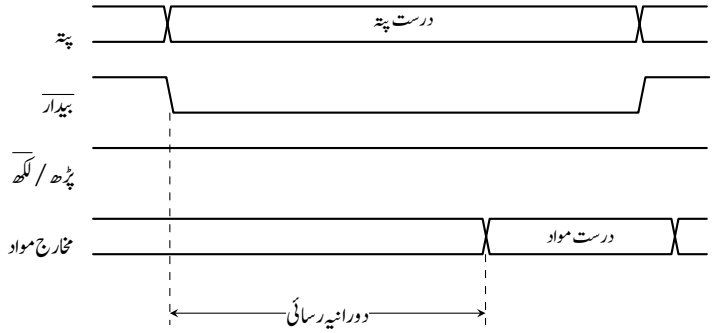
شکل ۹.۱۵: مستعمل اور غیر مستعمل مقامات (برائے شکل ۹.۱۴)



شکل ۹.۱۶: حافظوں کو متوازی جوڑ کر لفظ کی لمبائی بڑھائی گئی ہے۔



شکل ۹.۱۷: حافظہ میں مواد لکھنے کا عمل



شکل ۹.۱۸: حافظہ سے مواد پڑھنے کا عمل

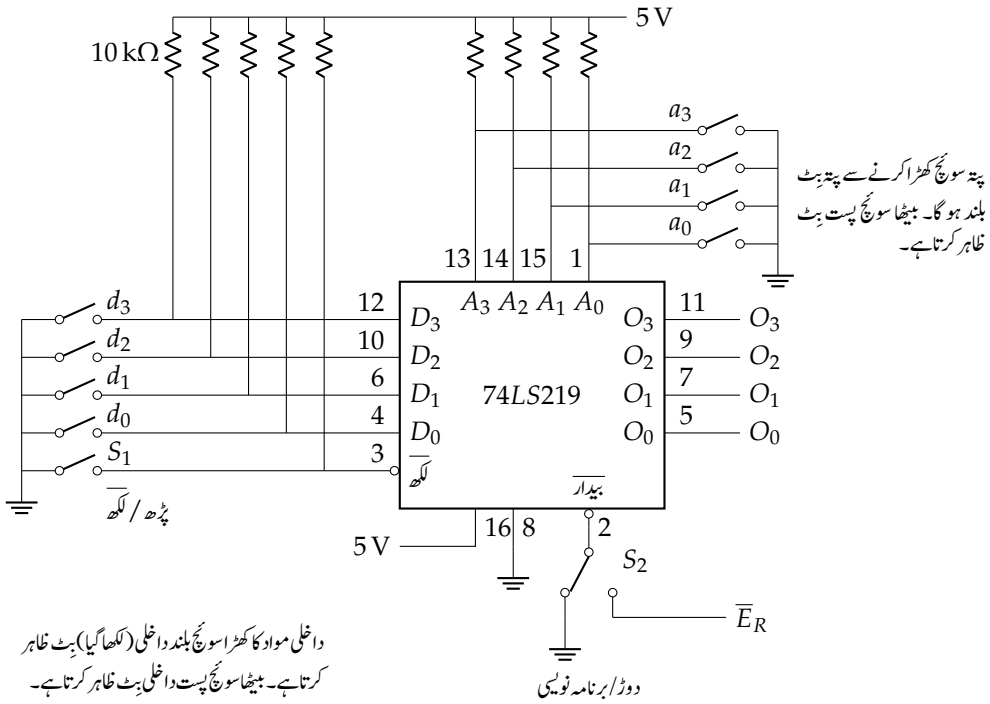
خرد عامل کار بیرونی جڑے مخلوط ادوار کے ساتھ گفتگو بذریعہ پتہ، مواد اور قابو اشارات کرتا ہے۔ شکل ۹.۱۷ میں خرد عامل کار بیرونی جڑے عارضی حافظہ سے گفتگو کر رہا ہے۔ اس گفتگو کا مقصد حافظہ میں مواد لکھنا ہے۔ گفتگو کا آغاز اس وقت ہوتا ہے جب خرد عامل کار درکار عارضی حافظے کا پتہ خارج کرتا ہے۔ اس پتے کے چند 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 ثنائی ہندسوں) سے درکار عارضی حافظے کے مخلوط دور کی شناخت کر کے اسے بیدار کرتا ہے۔ شکل میں $\overline{\text{بیدار}}$ مداخل کا "پست" ہونا اس عمل کو ظاہر کرتا ہے۔ خرد عامل کار خارجی قابو اشارہ پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ پست کر کے حافظہ کو خبردار کرتا ہے کہ خرد 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 / $\overline{\text{لکھ}}$ اشارے کے کنارہ چڑھائی پر مطلوبہ مقام پر (جس کی نشاندہی باقی پتہ بٹ کرتے ہیں) محفوظ کرتا ہے۔ خرد عامل کار کسی بھی ایسے عمل کے دوران پتہ برقرار رکھتا ہے۔ یاد رہے، پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ کے کنارہ چڑھائی 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 لکیروں کی آپس میں جگہ بدلنے سے ظاہر کیا گیا ہے۔

شکل ۹.۱۸ میں خرد عامل کار حافظہ سے مواد پڑھنا چاہتا ہے۔ اس گفتگو میں خرد عامل کار پڑھ / $\overline{\text{لکھ}}$ بلند رکھ 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) حافظے کی نشاندہی کر کے اسے خبردار کرتا ہے کہ خرد عامل کار حافظے سے مواد پڑھنا چاہتا ہے۔ حافظہ بیدار ہوتے ہی اس کوشش میں لگ جاتا ہے کہ درکار مقام سے مواد حاصل کر کے خرد عامل کار کے حوالے کرے۔ ایسا کرنے کے لیے حافظہ کو کچھ وقت درکار ہو گا جسے حافظہ کا **دورانیہ رسائی**[۲۸] کہتے ہیں۔ حافظہ مطلوبہ مقام سے مواد حاصل کر کے خارج کرتا ہے۔ اس مواد کو "درست مواد" کہا گیا ہے۔ خرد عامل کار مواد کو **درست پتہ** کے اختتام (یعنی $\overline{\text{بیدار}}$ کے کنارہ چڑھائی) پر پڑھتا ہے۔ خرد عامل کار اس مواد کو پڑھنے کے بعد اگلا **ہدایت** پختہ حافظہ سے پڑھ کر اس کی تعمیل کرتا ہے۔

مشق ۹.۲: انٹرنیٹ سے عارضی حافظہ 6116 ، $74LS219$ ، اور پختہ حافظہ 2732 کے دورانیہ رسائی معلوم کریں۔

---

[۲۸] accesstime



شکل ۹.۱۹: حافظہ میں مواد کی لکھائی

مثال ۹.۱: شکل ۹.۱۹ میں $74LS219$ حافظہ کا دور پیش کیا گیا ہے۔ کسی بھی مخلوط دور کی طرح، اس حافظہ کو استعمال کرنے کے لیے ضروری ہے کہ اس کو برقی طاقت فراہم کی جائے، جو پنیا 8 اور 16 پر فراہم کرنی ہو گی؛ پنیا 8 کے لحاظ سے 16 پر مثبت پانچ وولٹ دینا ہو گا؛ یوں پنیا 8 برقی زمین ہے۔

a_0 تا a_3 سوئچ پتہ تعین کرتے ہیں۔ d_0 تا d_3 سوئچ لکھا گیا مواد تعین کرتے ہیں۔

حافظہ کے مختلف مقامات تک رسائی

حافظہ کے چار پتہ بِٹ (A_0 تا A_3) ہیں جو 16_{10} مقامات تک رسائی دیں گے۔ ان مقامات تک رسائی سوئچ a_0 تا a_3 استعمال کر کے ہو گی۔ شکل ۹.۱۹ میں یہ سوئچ منقطع (کھڑا) دکھائے گئے ہیں۔ پتے کا کھڑا سوئچ بلند بِٹ (1) ظاہر کرتا ہے۔ غیر منقطع (بیٹھا) سوئچ پست بِٹ (0) ظاہر کرتا ہے۔ دکھائی گئی شکل میں پتہ 1111_2 ہے۔

مواد کی تیاری

داخلی مواد کے بِٹ D_0 تا D_3 ہیں لہٰذا حافظہ میں چار بِٹ مواد ذخیرہ ہو سکتا ہے۔ خارجی مواد کے بِٹ O_0 تا O_3 ہیں۔ سوئچ d_0 تا d_3 لکھی جانی والی معلومات دیتے ہیں۔ ہر ایک سوئچ ایک بِٹ 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 بِٹ لکھے گا اور جو حافظہ سے پڑھتے وقت 1 دے گا۔

حافظہ کی برنامہ نویسی

حافظہ کی برنامہ نویسی (جس سے مراد حافظہ میں مواد لکھنا ہے) کے لیے 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 مداخل پست (فعال) ہو گا اور داخلی مواد حافظہ میں داخل ہو گا۔ سوئچ S_1 کھڑا کرنے سے لکھ بلند ہو کر حافظہ میں مواد محفوظ کرتا ہے۔ اس کے بعد S_2 کھڑا کیا جا سکتا ہے۔

فرض کریں ہم درج ذیل محفوظ کرنا چاہتے ہیں۔

مواد	پتہ
1111	0000
1110	0001
1101	0010
1000	0011

سوئچ S_2 کو زمینی (برنامہ نویسی کے) مقام پر رکھنے سے آغاز کریں۔ مقام 0000 پر 1111 لکھنے کے لیے پتہ اور مواد کے سوئچ درج ذیل رکھیں، جہاں ''ب'' سے مراد سوئچ بٹھانا اور ''ک'' سے مراد سوئچ کھڑا رکھنا ہے۔

مواد				پتہ			
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 پتہ 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 ہو گا۔ سوئچ S_1 منقطع (کھڑا) کرنے سے مواد حافظہ میں محفوظ ہو گا۔ جب تک سوئچ S_1 بیٹھا رہے، مواد سوئچ تبدیل کرنے سے حافظہ میں نقل کردہ مواد بھی تبدیل ہو گا؛ سوئچ کھڑا کرنے کے بعد مواد سوئچ کی تبدیلی کا حافظہ میں لکھے گئے مواد پر اثر نہیں ہو گا۔ اسی طرح بیٹھے S_1 کے دوران پتہ سوئچ تبدیل کرنے سے نقل کا مقام تبدیل ہو گا۔ یوں جس لمحے S_1 کھڑا ہو گا اس لمحے پتہ 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 یہی) مواد لکھنے کے لیے تیار ہیں۔

اگلے مقام 0001 پر 1110 لکھنے کے لیے سوئچ درج ذیل حالت میں ڈالیں۔ (یاد رہے S_2 زمین سے جڑا ہے۔)

مواد				پتہ			
ک	ک	ک	ب	ب	ب	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۔

حافظہ سے مواد کا حصول

سوئچ S_1 کو کھڑا کر کے حافظہ سے مواد پڑھا جا سکتا ہے۔ پتہ سوئچ کے ذریعہ مطلوبہ مقام کا پتہ حافظہ کو مہیا کر کے $\overline{\text{بیدار}}$ 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 لیے S_2 کو زمین سے منقطع کر کے اشارہ $\overline{E}_R$ کے ساتھ جوڑتے ہیں۔ یوں جب مواد پڑھنا ہو $\overline{E}_R$ پست کیا جائے گا اور جب حافظہ غیر مستعمل ہو، $\overline{E}_R$ بلند رکھا جائے گا۔ □

۹.۵ پختہ 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 پتہ والے شناخت کار کے 2^n مخارج دراصل پتہ بٹوں کے تمام ممکنہ **مجموعہ ارکان ضرب** 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 جا سکتا ہے۔

m بٹ لفظ پختہ حافظہ میں شناخت کار اور m جمع گیٹ موجود ہوتے ہیں لہٰذا اس کو m تفاعل کے حصول کے لیے **تشکیل**[۲۹] دیا جا سکتا ہے۔ یوں شکل ۹.۱۱ (صفحہ ۲۱۴) کو درج ذیل آٹھ تفاعل (اگرچہ D_6 تفاعل D_0 دہراتا ہے) حاصل کرنے والا دور تصور کیا جا سکتا 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 تفاعل کو ایک مختلف نقطہ نظر سے دیکھتے ہیں۔ کمتر دو بٹ D_0 اور D_1 کو ایک ساتھ D_1D_0 دیکھیں تو یہ مداخل A_0 اور A_1 جمع کرنے والا نصف جمع کار ہے۔ اسی طرح D_2 دراصل $\overline{A}_0$ اور D_3 دراصل $\overline{A}_1$ ہے۔ اسی طرح D_4 دراصل دونوں مداخل کا **منطقی ضرب** جبکہ D_5 ان کا **منطقی جمع**، D_6 **بلا شرکت جمع** اور D_7 ان کا **متمم بلا شرکت جمع** ہے۔

---

[۲۹] configure

سوالات

سوال ۹.۱: مختلف جسامت کے حافظوں میں پتہ بِٹ کی اعشاری تعداد (ا) 4 ،(ب) 16 ،اور (ج) 32 ہے۔ ان حافظوں میں الفاظ ذخیرہ کرنے کے مقام کتنے ہوں گے؟

جواب: (ا) 16 ،(ب) 65536 ،(ج) 4294967296

سوال ۹.۲: حافظہ کی جسامت عموماً $N \times D$ لکھی اور پکاری جاتی ہے، جہاں N حافظہ میں الفاظ کی تعداد اور D ایک لفظ میں بِٹوں کی تعداد ہے۔ یوں (ا) $64K \times 8$ ،(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 کلو بائٹ سے مراد 1024 بائٹ ہے۔)

جواب: (ا) سولہ پتہ اور آٹھ مواد بِٹ، (ج) اٹھارہ پتہ اور آٹھ مواد بِٹ۔

سوال ۹.۳: حافظہ کے 50293_{10} پتہ پر 172_{10} مواد لکھا ہے۔ اس تک رسائی کے لیے سولہ بِٹ پتہ کیا ہوگا اور اس مقام سے کیا آٹھ بِٹ مواد پڑھا جائے گا؟

جواب: پتہ 1100010001110101، مواد 10101100

سوال ۹.۴: چار عدد $2K \times 8$ حافظہ اور ایک عدد 2×4 شناخت کار کی مدد سے $8K \times 8$ حافظہ حاصل کریں۔

سوال ۹.۵: دو عدد $256K \times 8$ حافظے استعمال کر کے $256K \times 16$ حافظہ حاصل کریں۔

سوال ۹.۶: چار پتہ اور آٹھ مواد بٹ حافظہ استعمال کر کے نو کا پہاڑا حاصل کرنا ہے۔ حافظہ کو ثنائی مرموز اعشاری روپ میں 0 تا 9 اعشاری عدد بطور پتہ فراہم کیا جائے گا۔ حافظہ نے مواد بِٹ پر جواب ثنائی مرموز اعشاری روپ میں پیش کرنا ہے۔ مثلاً، گر اسے دو (0010_2) فراہم کیا جائے تو یہ اٹھارہ (00011000_2) خارج کرے۔ (ا) حافظہ میں لکھا مواد جدول کی شکل میں لکھیں۔ (ب) حافظہ میں کتنے مقام غیر مستعمل ہوں گے؟

جواب: چھ مقام غیر مستعمل ہوں گے۔

مقام	مواد
0000	0000 0000
0001	0000 1001
0010	0001 1000
0011	0010 0111
0100	0011 0110
0101	0100 0101
0110	0101 0100
0111	0110 0011
1000	0111 0010
1001	1000 0001

سوال ۹.۷: چار بِٹ ثنائی عدد میں 1 کی تعداد جاننا مقصود ہے۔ اس کام کے لیے 16×4 حافظہ استعمال کیا جاتا ہے۔ حافظہ کو ثنائی عدد بطور پتہ مہیا کیا جاتا ہے۔ حافظہ نے اس عدد میں 1 کی تعداد بطور مواد خارج کرنا ہے۔ یوں اگر 1011 فراہم کیا جائے تو 0011_2 وصول ہوگا۔ حافظہ میں لکھا گیا مواد

جدول میں لکھیں۔

جواب:

اکائیاں	عدد
0000	0000
0001	0001
0001	0010
0010	0011
0001	0100
0010	0101
0010	0110
0011	0111
0001	1000
0010	1001
0010	1010
0011	1011
0010	1100
0011	1101
0011	1110
0100	1111

سوال ۹.۸: انٹرنیٹ سے (ا) 2708 ،(ب) 2732 ،(ج) 2764 ،(د) 27256 ،(ہ) 6116 ،اور (و) 62256 حافظوں کے معلوماتی صفحات حاصل کر کے ان کی قسم (یعنی پختہ یا عارضی)، جسامت اور دورانیہ رسائی دریافت کریں۔ (یہ حافظے مختلف دورانیہ رسائی کی صلاحیت کے لیے دستیاب ہیں۔)

باب ۱۰

قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار

پختہ حافظہ استعمال کرتے ہوئے تفاعل کا حصول گزشتہ باب میں دکھایا گیا۔ m بٹ پتہ پختہ حافظہ میں تمام ممکنہ 2^m ارکان ضرب موجود ہوتے ہیں جنہیں جمع گیٹوں سے جوڑ کر درکار تفاعل حاصل کیے جا سکتے ہیں۔ پختہ حافظہ **قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار**[1]، 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**[2] ہے، جن میں پہلا صف ضرب گیٹ اور دوسرا جمع گیٹ کا ہوتا ہے اور جو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں تفاعل دیتے ہیں۔ ضرب گیٹوں کی صف میں داخلی برقی جوڑ اٹل جبکہ دوسری صف کے جمع گیٹوں کے داخلی برقی جوڑ قابل تشکیل ہوتے ہیں۔ پختہ حافظہ اس قسم میں شمار ہوتا ہے۔

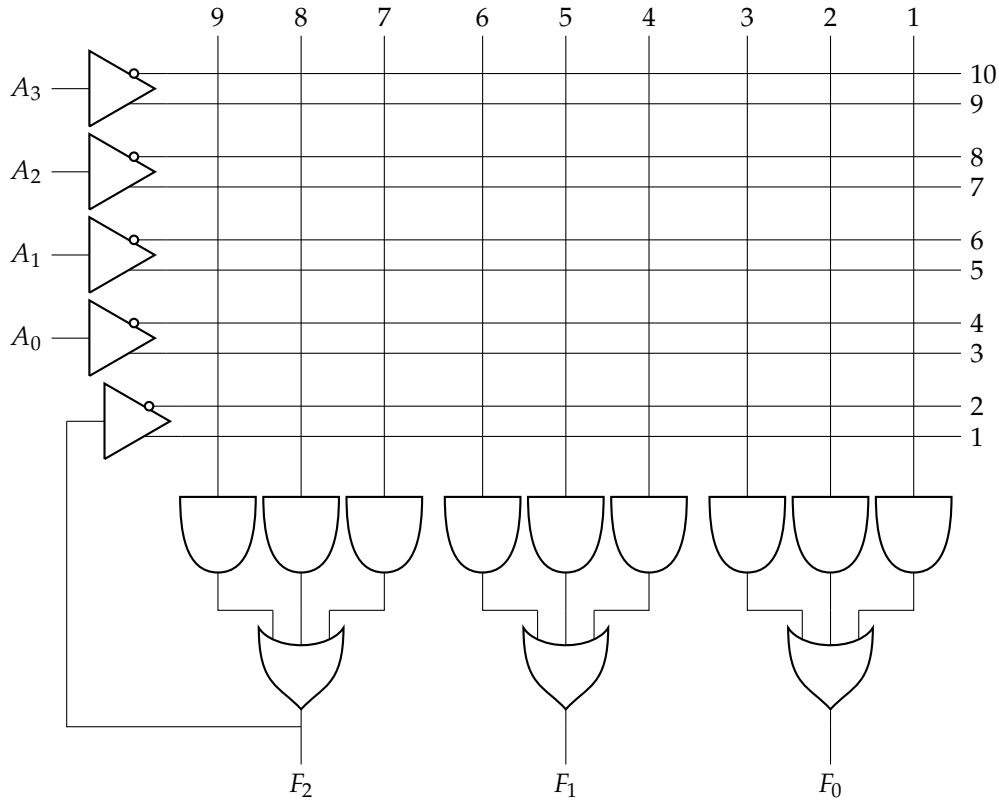
قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار کی دوسری قسم **قابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار**[3] ہے، جن میں پہلا صف ضرب گیٹ اور دوسرا جمع گیٹ کا ہوتا ہے اور جو مجموعہ ارکان ضرب کی صورت میں تفاعل دیتے ہیں۔ پہلی صف کے ضرب گیٹوں کے داخلی برقی جوڑ قابل تشکیل جبکہ دوسری صف کے جمع گیٹوں کے داخلی برقی جوڑ اٹل ہوتے ہیں۔

تیسری اور سب سے زیادہ لچک دار قابل تشکیل ترکیبی منطقی ادوار کی قسم میں پہلی صف کے ضرب گیٹوں کے داخلی جوڑ اور دوسری صف کے جمع گیٹوں کے داخلی جوڑ دونوں قابل تشکیل ہوتے ہیں۔ انہیں **قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی ادوار**[4] کہتے ہیں۔

مذکورہ بالا ادوار **پروگرامر**[5] (مخلوط دور برنامہ نویس) سے تشکیل دیے جاتے ہیں۔

---

[1] programmablelogicdevices(PLDs)
[2] programmablearraylogic(PAL)
[3] programmablelogicarray(PLA)
[4] CPLD,complexprogrammablelogicdevices
[5] programmer



شکل ۱۰.۱: قابل تشکیل ضرب جوڑ والے ترکیبی دور کی عمومی ساخت

۱۰.۱ قابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار

قابل تشکیل ضرب ترکیبی منطقی ادوار کی عمومی ساخت شکل ۱۰.۱ میں دکھائی گئی ہے جہاں دور کے چار مداخل اور تین مخارج ہیں۔ان ادوار میں عموماً کئی مخارج اشارے بھی بطور مداخل استعمال کیے جاتے ہیں جیسے یہاں F_2 استعمال کیا گیا ہے۔

دکھائے گئے دور کے تین یکساں حصے ہیں۔ہر حصہ میں دس مداخل تین ضرب گیٹ ہیں جو تین مداخل ایک جمع گیٹ کو جاتے ہیں۔ضرب گیٹ کے مداخل قابل تشکیل جبکہ جمع گیٹ کے مداخل اٹل ہیں۔دور کے کل چار مداخل ہیں جنہیں مستحکم کار سے گزار کر ان کے متمم بھی ضرب گیٹ کو مہیا کیے گئے ہیں۔اس دور میں 10 داخلی کل 9 جمع گیٹ ہیں لہٰذا اس میں $9 \times 10 = 90$ فتیلے ہوں گے۔

عام دستیاب ادوار میں مداخل اور مخارج کی تعداد اس سے زیادہ ہو گی، مثلاً ان میں سولہ مداخل، آٹھ مخارج اور آٹھ یکساں اندرونی حصے ہو سکتے ہیں جن میں ہر حصہ آٹھ ضرب اور ایک جمع گیٹ پر مشتمل ہو گا۔مزید خارجی اشاروں پر مستحکم کار نصب ہو سکتے ہیں جنہیں بلند رکاوٹی حال کیا جا سکتا ہے۔

آئیں اس دور کو استعمال کرتے ہوئے درج ذیل تفاعل حاصل کرتے ہیں جو ارکان ضرب کے روپ میں دیے گئے ہیں۔

$$\begin{aligned} F_0(A,B,C,D) &= \sum(4,5,10,14) \\ F_1(A,B,C,D) &= \sum(0,1,5,7,9,13,14,15) \\ F_2(A,B,C,D) &= \sum(0,1,5,7,14,15) \end{aligned} \tag{۱۰.۱}$$

کارناف نقشہ جات سے ان تفاعل کا درج ذیل سادہ روپ حاصل کیا جا سکتا ہے۔

$$\begin{aligned} F_0 &= \overline{A}B\overline{C} + AC\overline{D} \\ F_1 &= \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BD + ABC + A\overline{B}C = F_2 + A\overline{B}C \\ F_2 &= \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}BD + ABC \end{aligned} \tag{۱۰.۲}$$

ان مساواتوں میں کوئی بھی ضربی رکن تین سے زیادہ مداخل پر مشتمل نہیں لہٰذا درج بالا تفاعلات کو شکل ۱.۱۰ میں پیش قابل تشکیل ترکیبی منطقی دور استعمال کر کے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ شکل ۲.۱۰ 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 قابل 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 قابل تشکیل ہوتے ہیں۔ یوں استعمال کے نکتہ نظر سے یہ نہایت لچک دار ہوتے ہیں۔

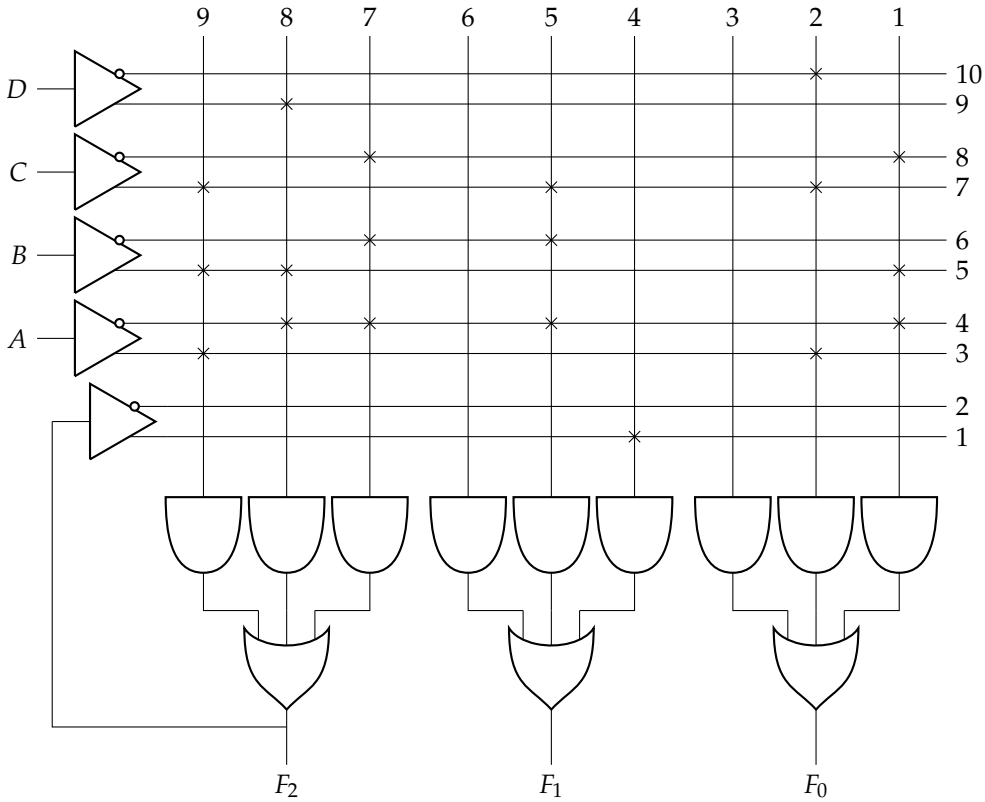
شکل ۳.۱۰ میں قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی دور دکھایا گیا ہے۔ اس دور میں تمام ضرب گیٹوں کے داخلی جوڑ اور تمام جمع گیٹوں کے داخلی جوڑ قابل تشکیل ہیں۔ اس دور میں آٹھ داخلی چھ ضرب گیٹ اور چھ داخلی تین جمع گیٹ ہیں۔ یوں اس میں کل جوڑ 66 ہوں گے۔

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۔

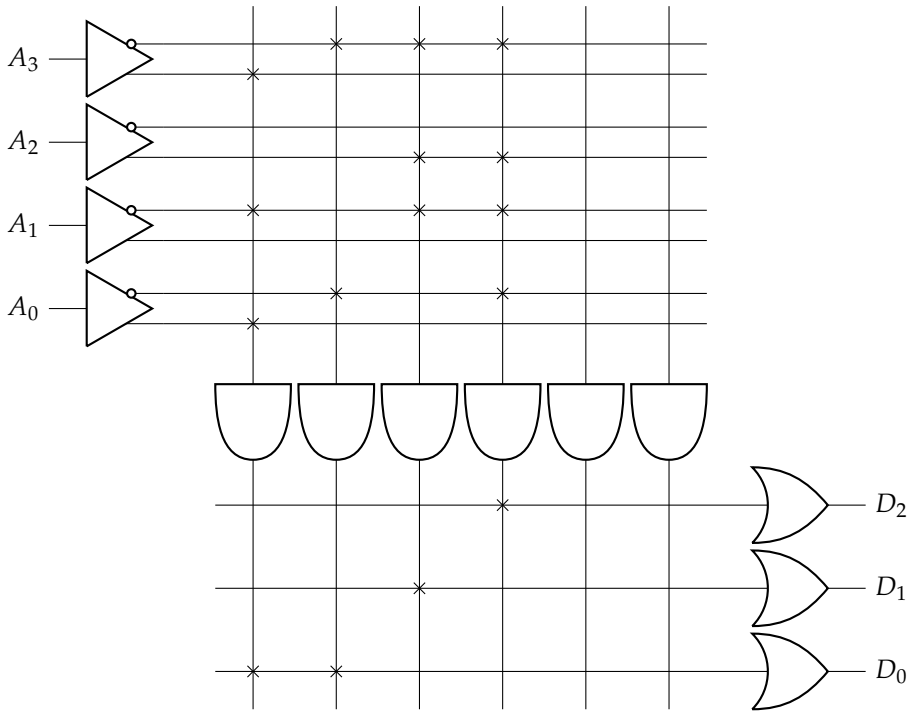
$$\begin{aligned} D_2 &= \overline{A}_0\overline{A}_1A_2\overline{A}_3 \\ D_1 &= \overline{A}_1A_2\overline{A}_3 \\ D_0 &= A_0\overline{A}_1A_3 + \overline{A}_0\,\overline{A}_3 \end{aligned} \tag{۱۰.۳}$$

یہاں دکھایا گیا قابل تشکیل ضرب و جمع ترکیبی منطقی دور صرف سمجھانے کی خاطر تھا۔ حقیقی ادوار میں کئی گنا زیادہ مداخل، مخارج، اور گیٹ ہوں گے۔ ثنائی 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 ہو گا، کمپیوٹر کے ذریعے کیا جاتا ہے۔ منقطع ہونے والے فتیلوں کی معلومات بھی کمپیوٹر فراہم کرتا ہے۔ فتیلے مخلوط ادوار کا پروگرامر منقطع کرتا ہے۔

جیسا حصہ ۱۳.۳ میں ذکر کیا گیا، ضرب و جمع دور کو ضرب متمم و ضرب متمم سے حاصل کیا جا سکتا ہے۔ اسی طرح ضرب متمم گیٹ کے تمام مداخل ایک ساتھ جوڑنے سے نفی گیٹ حاصل ہوتا ہے۔ اسی لیے حقیقتاً قابل تشکیل ادوار صرف ضرب متمم گیٹ سے بنائے جاتے ہیں۔ شکل ۳.۱۰ میں تمام ضرب، جمع اور نفی گیٹ کی جگہ ضرب متمم نصب کرنے سے ایسا دور حاصل ہو گا۔ ایسا دور **قابل تشکیل ضرب متمم و ضرب متمم منطقی دور** کہلائے گا۔



شکل ۱۰.۲: تین تفاعلات کا حصول



شکل ۱۰.۳: چھ ضرب اور تین جمع گیٹ پر مشتمل قابل تشکیل ضرب و جمع منطقی ترکیبی دور

۱۰.۳ قابل تشکیل ترتیبی ادوار

جیسا اس باب کی شروع میں ذکر ہوا، **وسیع پیمانے کے مخلوط ادوار**[۶] 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 یکساں کئی حصے ایک مخلوط دور پر میں ڈال کر **پیچیدہ قابل تشکیل ترتیبی ادوار**[۷] بنائے جاتے ہیں۔ ان ادوار میں تمام انفرادی حصوں کے مابین، قابل تشکیل ترکیبی ادوار کی طرح، برقی جوڑوں (فتیلوں) کا جال بچھایا جاتا ہے، اور بیرونی مداخل کے ساتھ ساتھ دور کے مخارج بطور مداخل استعمال کیے جا سکتے 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 **مُور** کی پیشن گوئی کا ذکر کرنا لازم ہے جنہوں نے ۱۹۶۵ء میں پیشن گوئی کی کہ مخلوط ادوار میں گیٹوں کی تعداد ہر دو سال میں دگنی ہو گی۔ یہ پیشن گوئی جسے **مُور کا قانون**[۹] کہتے ہیں اب تک درست ثابت ہوتا آ رہا ہے۔

انتہائی وسیع پیمانہ 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 فراہم 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 گیٹ صف**[۱۱] ہے جو دراصل انتہائی وسیع پیمانہ مخلوط ادوار کی وہ قسم ہے جسے صارف خود تشکیل دے سکتا ہے۔ انہیں بار بار تشکیل دیا جا سکتا ہے۔ ان ادوار میں گیٹ، پلٹ، 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 کی مدد سے تیار**[۱۲] کرنے کی خاطر کئی کمپیوٹر پروگرام استعمال کیے جا سکتے ہیں۔

مشق ۱.۱۰: انٹرنیٹ سے $EPM7032$ مخلوط دور کے معلوماتی صفحات حاصل کریں۔ (ا) اس میں کتنے یکساں حصے ہیں؟ (ب) کیا ہر حصے میں پلٹ بھی پایا جاتا ہے؟

سوالات

سوال ۱.۱۰: تین کے پہاڑے کا حصول۔ قابل تشکیل ضرب منطقی دور استعمال کر کے ایسا دور تخلیق دیں جس کا مداخل ثنائی عدد $A_3A_2A_1A_0$ اور مخارج عدد کا تین گنا ہو۔

---

[۶] largescaleintegration(LSI)
[۷] complexPLD(CPLD)
[۸] verylargescaleintegration(VLSI)
[۹] Moore'slaw
[۱۰] applicationspecificintegratedcircuit(ASIC)
[۱۱] fieldprogrammablegatearray(FPGA)
[۱۲] computeraideddesign(CAD)

سوال ۱۰.۲: قابل تشکیل ضرب منطقی دور سے نصف جمع کار کا حصول۔ ایسا دور تخلیق دیں جو ثنائی 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 ثنائی اعداد $A_3A_2A_1A_0$ ، $A_7A_6A_5A_4$ اور حاصل A_8 جمع کر کے $D_5D_4D_3D_2D_1D_0$ خارج 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 ثنائی مرموز اعشاری اعداد $A_3A_2A_1A_0$ اور $A_7A_6A_5A_4$ کا ثنائی مرموز حاصل ضرب خارج 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 لیے انہیں غیر متغیر تصور کیا جا سکتا 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 حال حاصل ہوتے ہیں۔

اس کے برعکس غیر معاصر ادوار کے حال کسی بھی 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 ہو گا۔

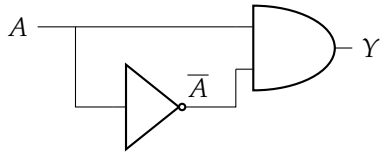
شکل ۱.۱۱ میں نہایت سادہ دور دکھایا گیا ہے جس کو سرسری نظر سے دیکھ کر یوں محسوس ہوتا ہے کہ ضرب گیٹ کا مخارج کبھی بلند نہیں ہو سکتا۔ غور کرنے سے ثابت ہوتا ہے کہ مسئلہ اتنا سادہ نہیں۔ جب بھی مداخل A حال تبدیل کرے اس کے چند لمحوں بعد نفی گیٹ کا مخارج حال تبدیل کرے گا۔ یہ **تاخیر**[1] نفی گیٹ کے **دورانیہ ردِ عمل** کی بدولت ہے۔ شکل میں A اور $\overline{A}$ کے خط کھینچتے ہوئے یہ تاخیر بڑھا چڑھا کر دکھائی گئی ہے۔ اگر ضرب گیٹ کا دورانیہ ردِ عمل صفر ہوتا تب ضرب گیٹ کا مخارج ان دو مداخل کے مطابق حال Y_0 اختیار کرتا۔ حقیقتاً ضرب گیٹ کو بھی ردِ عمل کے لیے چند لمحات درکار ہوں گے لہٰذا ضرب گیٹ کا مخارج Y ہو گا۔

آپ دیکھ سکتے ہیں ضرب گیٹ کا مخارج غیر مطلوبہ طور پر، نفی گیٹ کے دورانیہ ردِ عمل کے برابر دورانیے کے لیے، بلند ہو گا۔ اس طرح کے، غیر مطلوبہ نہایت کم دورانیہ کے لیے، حال کی تبدیلی کو **برقی لرزش** یا مختصراً **لرزش**[2] کہتے ہیں۔ برقی لرزش مثبت یا منفی ہو سکتی ہے لہٰذا موجودہ لرزش کو مثبت لرزش کہیں گے۔ لرزش نہایت کم دورانیے کی دھڑکن تصور کی جا سکتی ہے، تاہم لرزش کی اصطلاح عموماً غیر مطلوبہ دھڑکن کے لیے استعمال کی جاتی ہے اور ان سے معاصر ادوار کو پاک رکھا جاتا ہے۔

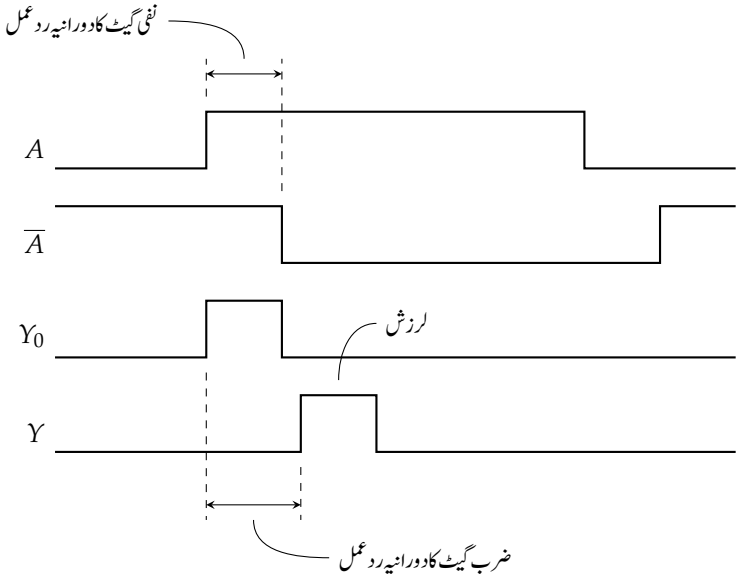
لرزش کی وجہ سے ادوار **عبوری حال**[3] اختیار کرتے ہیں۔ اس باب میں عبوری حال پر تفصیلاً بحث ہو گی۔

---

[1] delay
[2] glitch
[3] transitionstate



(ا)



(ب)

شکل ۱.۱۱: مثبت برقی لرزش۔

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

برقی تار میں برقی دباؤ کی رفتار تقریباً خلاء میں روشنی کی رفتار [۴] کے برابر ہوتی ہے۔ یوں ایک نینو سیکنڈ میں برقی دباؤ تقریباً $3 \times 10^8 \times 10^{-9} = 0.3$ میٹر یعنی 30 سنٹی میٹر فاصلہ طے کرتا ہے۔ آیئے دیکھتے ہیں اگر پچھلی مثال تبدیل کر کے نفی گیٹ کی جگہ 30 سینٹی میٹر برقی تار لگائی جائے اور ضرب گیٹ کی جگہ بلا شرکت جمع گیٹ نصب کیا جائے تو دور کارِ عمل کیسا ہو گا (شکل ۱۱.۲ دیکھیں)۔

اشارہ A گیٹ کے ایک داخلی پن پر مہیا کیا گیا ہے جبکہ یہی اشارہ تیس سنٹی میٹر برقی تار سے گزار کر دوسرے داخلی 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 نینو سیکنڈ بعد اشارہ A_t بلند یا پست ہو گا۔ گیٹ کا دورانیہ ردِ عمل نظر انداز کرتے ہوئے گیٹ کا مخارج Y_0 ہو گا۔ گیٹ کا دورانیہ ردِ عمل مدِ نظر رکھتے ہوئے مخارج Y ہو گا۔ گیٹ کے خارجی 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 یاد رکھنے کی صلاحیت رکھتی ہیں۔

آپ نے دیکھا مختلف طرز کی تاخیر دور میں لرزشیں پیدا کرتی ہیں۔ جہاں **باز رسی اشارہ** [۵] تاخیر سے پہنچ کر مخارج تبدیل کرتا ہو وہاں دوران تاخیر مخارج اور تاخیر کے بعد مخارج مختلف ہوں گے جس سے **ناپائیدار حالت** [۶] پیدا ہو گی۔

جب بھی ایک سے زیادہ اشارے بیک وقت تبدیل ہوں، گیٹ اور برقی تاروں میں ناقابل معلوم تاخیر کی بدولت، ان کے اثرات جاننا تقریباً ناممکن ہو گا۔ اس مسئلے سے بچنے کی خاطر غیر معاصر ادوار درج ذیل دو شرائط کے تحت بنائے جاتے ہیں: (ا) 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 طریق کار** [۷] کے تحت چلنا کہتے ہیں۔

۱۱.۱ تجزیہ

غیر معاصر ترتیبی ادوار [۸] سے مراد ایسے ادوار ہیں جن میں (ا) بغیر ساعت والے پلٹ پائے جائیں اور یا (ب) ان میں ایک یا ایک سے زیادہ مخارج بطور **باز رسی اشارات** استعمال ہوں۔ جیسے اُوپر ذکر کیا گیا، مختلف نوعیت کی تاخیر کی وجہ سے باز رسی اشارات لمحاتی طور پر حافظہ کی صلاحیت رکھتے ہیں۔

جب خارجی اشارہ، مثلاً D، بطور داخلی اشارہ استعمال ہو کر اپنی ہی قیمت (D) تعین کرنے میں کردار ادا کرتا ہو، یہ **باز رسی اشارہ** [۹] کہلاتا ہے۔

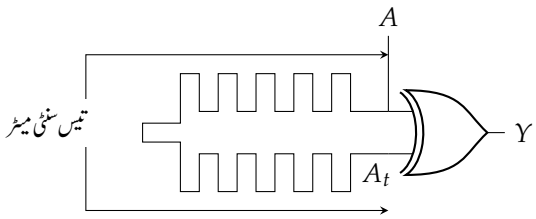
اس حصہ میں بغیر پلٹ ادوار پر غور کیا جائے گا۔ پلٹ والے دور پر اگلے حصہ میں غور کیا جائے گا۔

۱۱.۱.۱ عبوری جدول

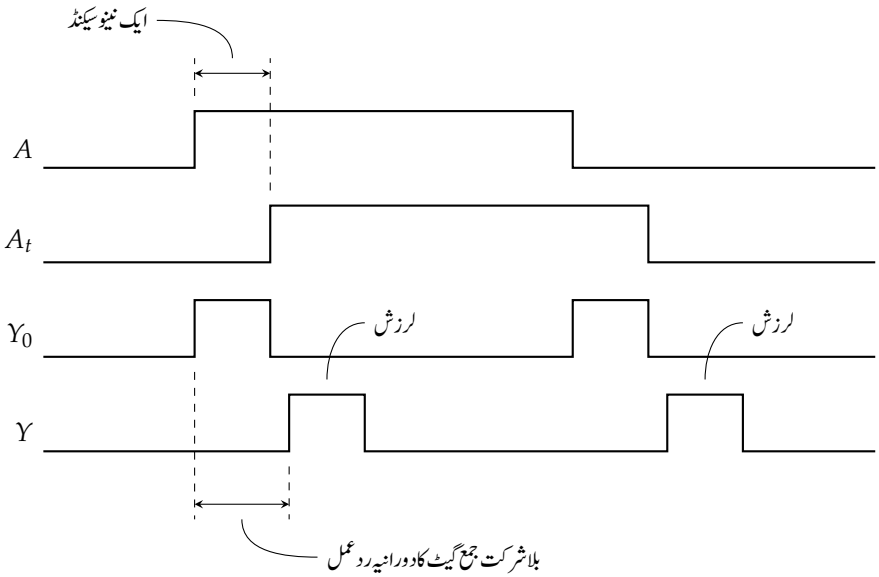
غیر معاصر ترتیبی ادوار پر غور ان کے **عبوری جدول** [۱۰] کی مدد سے کیا جاتا ہے۔ یہ طریقہ شکل ۱۱.۳ میں دیے گئے دور کی مدد سے سیکھتے ہیں۔

---

[۴] 3×10^8 میٹر فی سیکنڈ ہے۔ خلاء کی روشنی میں رفتار
[۵] feedbacksignal
[۶] unstablecondition
[۷] fundamentalmode
[۸] asynchronouscombinationalcircuit
[۹] feedbacksignal
[۱۰] transitiontable

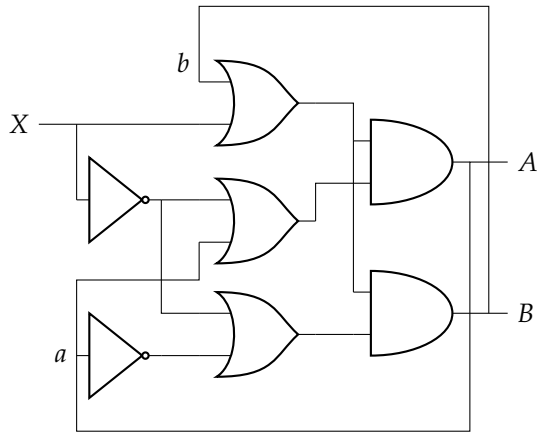


(ا)



(ب)

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



شکل ۳.۱۱: غیر معاصر دور۔

جدول ۱.۱۱: دور کا بوولین 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

پلٹ کی غیر موجودگی کے باوجود اس کو ترتیبی دور اس لیے کہیں گے کہ خارجی اشارے A اور B بطور **باز رسی اشارات**[۱۱]، a اور b ،استعمال کیے گئے ہیں۔ دور سے خارجی حال کی مساوات لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned} A &= (b+x)\cdot(a+\overline{x}) \\ B &= (b+x)\cdot(\overline{a}+\overline{x}) \end{aligned} \tag{۱۱.۱}$$

مساوات حاصل کرتے وقت باز رسی اشاروں کو عام مداخل تصور کریں۔ یوں x کو بیرونی مداخل جبکہ a اور b کو اندرونی مداخل تصور کریں۔ ان مساوات میں a اور b **موجودہ مخارج** جبکہ A اور B **اگلے مخارج** ہیں۔ ان مساوات سے جدول ۱.۱۱ حاصل ہو گا جس سے عبوری جدول کا حصول شکل ۴.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔

[۱۱] feedbacksignals

عبوری جدول

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

کارناف نقشہ برائے A

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

کارناف نقشہ برائے B

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

$$A = (b + x)(a + \overline{x}) \qquad B = (b + x)(\overline{a} + \overline{x})$$

شکل ۱۱.۴: عبوری جدول کا حصول۔

جدول ۱۱.۱ میں پیش **حال کے متغیرات**[۱۲] A اور B کی معلومات کو علیحدہ علیحدہ کارناف نقشوں کی طرز پر لکھا گیا ہے جس سے عبوری جدول کے حصول میں آسانی پیدا ہوتی ہے۔ کارناف نقشوں کی بائیں جانب قطار کی صورت میں اندرونی مداخل ab کی قیمتیں جبکہ اوپر جانب صف کی صورت میں بیرونی مداخل x کی قیمتیں لکھی جاتی ہیں۔

عبوری جدول میں A اور B کی قیمتیں ساتھ ساتھ AB لکھی جاتی ہیں۔ کارناف نقشوں 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 خانے میں ان قیمتوں کو ساتھ ساتھ 10 لکھا گیا ہے۔ اس عمل کی وضاحت تیر دار لکیروں سے کی گئی ہے۔

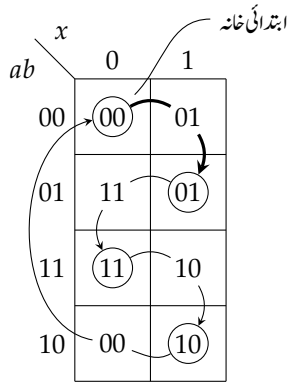
عبوری جدول میں صف در صف چلتے ہوئے جب بھی صف میں موجودہ مخارج ab اور اگلے مخارج AB کی قیمت یکساں ہو، وہاں AB کی قیمت دائرے میں بند کریں۔ یوں عبوری جدول کی پہلی صف میں (جدول سے باہر بائیں جانب) ab کی قیمت 00 ہے؛ اسی صف اور بائیں قطار میں AB کی قیمت بھی 00 ہے لہٰذا اس قیمت کو دائرے میں بند کیا گیا ہے۔ دائرہ 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 خانے کو **ابتدائی خانہ**[۱۴] کہا گیا ہے، جس میں $ab = 00$ اور $x = 0$ کی صورت میں AB کی قیمت درج ہے۔ فرض کریں ابتدائی خانہ دور کا ابتدائی حال ظاہر کرتا ہے۔

اب اگر $ab = 00$ رکھتے ہوئے بیرونی مداخل x کی قیمت 0 سے 1 کر دی جائے تو عبوری جدول کے مطابق AB کی قیمت 00 سے 01 ہو

---

[۱۲] statevariables
[۱۳] transientstate
[۱۴] کسی بھی مستحکم حال خانے کو ابتدائی خانہ منتخب کیا جا سکتا ہے۔



شکل ۱۱.۵: عبوری جدول کا استعمال۔

جائے گی۔ یوں موجودہ حال ab اور اگلے حال AB کی قیمتیں مختلف ہوں گی جو عبوری 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 لیے 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 لیے عبوری حال اختیار کر گیا۔ یہ صورت زیادہ دیر برقرار نہیں رہی۔ تاروں میں تاخیر کے بعد بازرسی اشارے تبدیل ہوئے اور دور دوبارہ مستحکم حال اختیار کر گیا۔ عموماً دوار کا عمل اسی طرح ہو گا۔

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) لہٰذا 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 لہٰذا 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 ہو گا۔ 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 کے 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۔

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

عبوری جدول

$$00 = a$$
$$01 = b$$
$$10 = c$$
$$11 = d$$

$ab \backslash x$	0	1
a	a	b
b	d	b
d	d	c
c	a	c

بہاؤ کا جدول

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

- دور میں تمام **بازرسی اشاروں** اور **بازرسی دائروں**[۱۵] کی نشاندہی کریں۔
- کسی بھی ترتیب سے بازرسی دائروں کے مخارج کی شناخت A ، B ، C ، وغیرہ جبکہ اسی ترتیب سے ان کے بازرسی اشارات کی شناخت a ، b ، c ، وغیرہ سے کریں۔
- بیرونی اور اندرونی مداخل کی صورت میں تمام مخارج کے بوولین تفاعل حاصل کریں۔
- ان تفاعل کے کارناف نقشے بنائیں۔
- تمام کارناف نقشوں کو ایک عبوری جدول میں یکجا کریں۔ عبوری جدول کے خانوں میں $ABC\cdots$ قیمتیں جبکہ جدول کے بائیں جانب ہر صف میں $abc\cdots$ قیمتیں اسی ترتیب سے لکھیں۔
- جہاں $ABC\cdots$ اور اسی صف میں $abc\cdots$ کی قیمت یکساں ہو، وہاں $ABC\cdots$ کو دائرے میں بند کریں۔

عبوری جدول کے حصول کے بعد بیرونی مداخل تبدیل کر کے دور کے عبوری حال پر غور کیا جا سکتا ہے۔

۱۱.۱.۲ بہاؤ کا جدول

شکل ۱۱.۴ میں عبوری جدول لکھتے ہوئے خانوں میں بوولین طرز پر حال درج کیے گئے۔ دو مخارج کی صورت میں چار حال (00 ، 01 ، 10 ، اور 11) ممکن ہیں جنہیں نام بھی دیے جا سکتے ہیں۔ مثلاً حال 00 کو حال a پکارا جا سکتا ہے۔ اسی طرح 01 کو حال b ، 10 کو حال c ، اور 11 کو حال d نام دیے جا سکتے ہیں۔ عبوری جدول میں یہ نام استعمال کر کے، شکل ۱۱.۶ میں پیش، **بہاؤ کا جدول**[۱۶] حاصل ہو گا۔

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

---

[۱۵] feedbackloops
[۱۶] flowtable

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

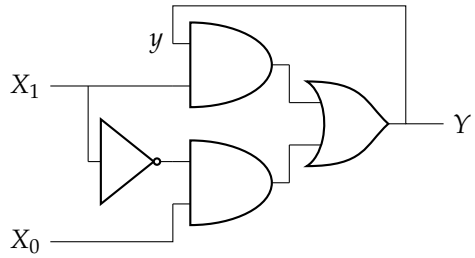
غیر اولین بہاؤ کا جدول

$a = 0$
$b = 1$

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

عبوری جدول

شکل ۷.۱۱: غیر اولین بہاؤ کے جدول سے عبوری جدول کا حصول۔



شکل ۸.۱۱: غیر اولین بہاؤ کے جدول سے حاصل دور۔

حال پائے جاتے ہیں۔ ایسا جدول جس کی ہر صف میں صرف ایک مستحکم حال پایا جاتا ہو **اوّلی بہاؤ کا جدول**[۱۷] کہلاتا ہے۔

شکل ۷.۱۱ 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 اوّلی بہاؤ کا جدول**[۱۸] کہتے ہیں۔

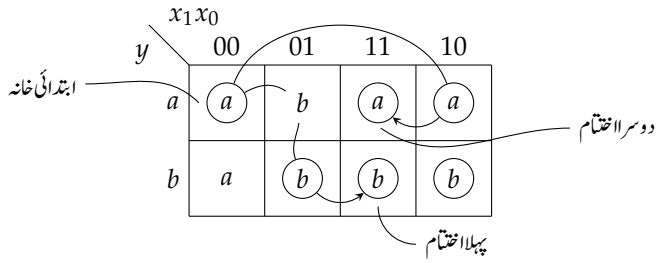
بہاؤ کے جدول سے دور حاصل کرنے کے لیے پہلے عبوری جدول حاصل کیا جاتا ہے۔ بہاؤ کے جدول کے دو صف ہیں لہٰذا دور کے دو حال ہوں گے۔ دو ممکنہ صورتوں کو ایک بِٹ عدد ظاہر کر سکتا ہے۔ یوں حال a کو 0 اور حال b کو 1 لکھ کر عبوری جدول حاصل کرتے ہیں، جو شکل ۷.۱۱ میں دکھایا گیا ہے۔ دور کے اگلے مخارج کو Y اور موجودہ مخارج کو y سے ظاہر کر کے عبوری جدول سے ں (نقطہ دار مستطیلوں سے گروہ بندی کر کے) Y کا تفاعل حاصل کرتے ہی۔

$$Y = \overline{x}_1 x_0 + x_1 y \tag{۱۱.۲}$$

اس تفاعل کا دور شکل ۸.۱۱ میں پیش ہے۔

شکل ۷.۱۱ میں پیش بہاؤ کے جدول کے استعمال پر شکل ۹.۱۱ کی مدد سے غور کرتے ہیں۔ فرض کریں بیرونی مداخل 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 عبوری جدول کے

[۱۷] primitiveflowtable
[۱۸] nonprimitiveflowtable



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

مطابق دور چند لمحوں کے لیے عبوری 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 لکیروں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ پہلی تیر دار لکیر مستحکم حال a سے آغاز کر کے عبوری حال b سے گزر کر مستحکم حال b پہنچتی ہے۔ دوسری تیر دار 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 کے 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۔

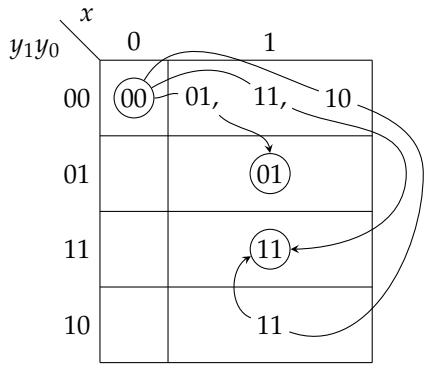
آپ نے دیکھا اختتامی حال بیرونی مداخل کی تبدیلی کی ترتیب پر منحصر ہے۔ اس مثال میں ابتدائی بیرونی مداخل 00 جبکہ اختتامی بیرونی مداخل 11 ہیں۔ یاد رہے **بنیادی طریق کار** کی شرائط کے تحت، (دور کی درست کارکردگی کے لیے ضروری ہے کہ) ایک سے زیادہ بیرونی مداخل بیک وقت تبدیل نہ کیے جائیں۔ یوں 00 سے آغاز کر کے ہم سیدھا 11 نہیں کر سکتے۔ ایسا کرنے سے (ناقابل معلوم تاخیر کی وجہ سے) درست اختتامی حال جاننا ناممکن ہو گا۔

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۔ نامعلوم تاخیر کی وجہ سے حال کی تبدیلی مکمل طور پر جاننا ممکن نہیں ہو گا۔ مثلاً، فرض کریں دو حال دور کا موجودہ مستحکم حال 00 ہے اور بیرونی مداخل تبدیلی کرنے سے دونوں حال تبدیل ہوتے ہیں، اور دور آخر کار 11 مستحکم حال اختیار کرتا ہے۔ پہلی بازرسی راہ کی تاخیر دوسری بازرسی راہ کی تاخیر سے کم ہونے کی صورت میں دور مستحکم حال 00 سے عبوری حال 10 اور آخر کار مستحکم حال 11 اختیار کرے گا جبکہ دوسری راہ کی تاخیر پہلی راہ کی تاخیر سے کم ہونے کی صورت میں دور عبوری حال 01 سے گزر کر مستحکم حال 11 تک پہنچے گا۔ آپ نے دیکھا کہ (نامعلوم تاخیر کی وجہ سے) حال تبدیل ہونے کی ترتیب جاننا ممکن نہیں۔

جب عبوری حال کی تبدیلی کی ترتیب اختتامی حال متعین کرنے میں کردار ادا کرتی ہو اور دور دو مختلف اختتامی مستحکم حال اختیار کرنے کی صلاحیت رکھتا ہو وہاں

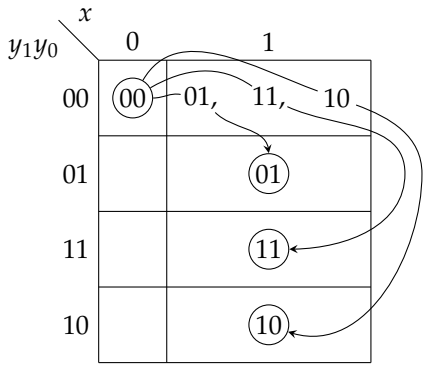
[۱۹] racecondition



ممکنہ تبادلہ حال

$00 \to 01 \to 01$
$00 \to 11 \to 11$
$00 \to 10 \to 11 \to 11$

شکل ۱۰.۱۱: بحرانی دوڑ کی ایک مثال۔



ممکنہ تبادلہ حال

$00 \to 01 \to 01$
$00 \to 11 \to 11$
$00 \to 10 \to 10$

شکل ۱۱.۱۱: بحرانی دوڑ کی دوسری مثال

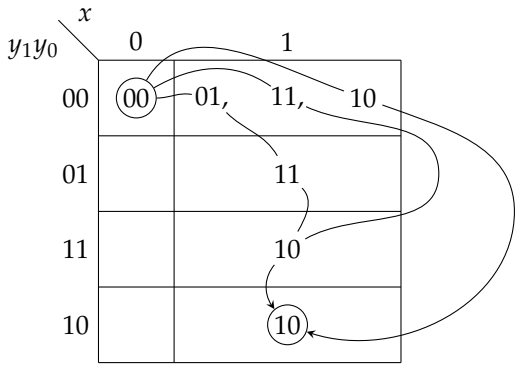
دوڑ کو **بحرانی دوڑ** [۲۰] کہیں گے۔ سود مند استعمال کے لیے ضروری ہے کہ دور میں بحرانی دوڑ کی صورت پیدا نہ ہوتی ہو۔ جہاں عبوری حال کی تبدیلی کی ترتیب اختتامی مستحکم حال پر اثر انداز نہ ہوتی ہو وہاں دوڑ کو **غیر بحرانی دوڑ** [۲۱] کہیں گے۔

شکل ۱۰.۱۱ میں بحرانی دوڑ کی ایک مثال دکھائی گئی ہے جہاں بیرونی مداخل x اور بازرسی اشارات y_0 ،اور y_1 (یعنی مخارج Y_0 اور Y_1) ہیں۔ حال کو **مکمل حال** Y_1Y_0x لکھتے ہوئے حال 000 سے آغاز کر کے بیرونی مداخل 0 سے 1 کرنے سے دور اختتامی حال کی جانب دوڑ لگائے گا۔ نامعلوم تاخیر کی وجہ سے 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 ہو گا، لیکن آخری صف از خود عبوری حال ہے لہٰذا 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 دوران میں سے کس اختتامی حال کو پہنچے گا۔ شکل میں بائیں جانب $x = 0$ کی قطار اس لیے خالی رکھی گئی ہے کہ ہم صرف $x = 0$ سے $x = 1$ کرتے ہوئے دور پر غور کر رہے ہیں جس میں بائیں قطار کے اندراجات درکار نہیں۔

شکل ۱۱.۱۱ میں **بحرانی دوڑ** کی دوسری مثال پیش ہے جہاں تین اختتامی حال ممکن ہیں۔ **مکمل مستحکم حال** $Y_1Y_0x = 000$ سے آغاز کرتے ہوئے بیرونی مداخل x کی قیمت 1 کرنے سے دور اختتامی حال کی طرف دوڑ لگائے گا۔ بالکل اُوپر مثال کی طرح، تین ممکنہ عبوری حال ممکن ہیں۔ ایک عبوری حال

---

[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 ۱۲.۱۱: غیر بحرانی دوڑ کی ایک مثال

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 وجہ سے یہ جاننا ممکن نہیں کہ دور حقیقت میں کس اختتامی حال کو پہنچے گا۔

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

اس مثال میں اگرچہ تین مختلف ممکنات موجود ہیں تاہم اختتامی مستحکم حال سب کا ایک ہے لہٰذا یہ **غیر بحرانی دوڑ** ہو گی۔

مخصوص اور منفرد عبوری حال سے گزر کر اختتامی مستحکم حال اختیار کرنے کو **پھیرا**[۲۲] لگانا کہتے ہیں۔ اس کی مثال شکل ۱۳.۱۱ میں دی گئی ہے۔ ان اشکال میں حالت دوڑ نہیں پائی جاتی چونکہ ایک وقت میں صرف ایک مخارج حال تبدیل کرتا ہے، البتہ اختتامی حال تک پہنچنے کی خاطر دور کو مخصوص اور منفرد عبوری حال سے گزرنا ہو گا۔

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۔

---

[۲۲] cycle

$y_1y_0 \backslash x$	0	1
00	00	10
01		01
11		01
10		11

تبادلہ حال
$00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01$

(ا)

$y_1y_0 \backslash x$	0	1
00	00	10
01		01
11		11
10		11

تبادلہ حال
$00 \rightarrow 10 \rightarrow 11$

(ب)

شکل ۱۱.۱۳: پھیرے

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 مداخل 1 کرنے سے دور مستحکم حال تک پہنچے بغیر عبوری حال سے عبوری حال منتقل ہو گا۔ ایسے ادوار بطور **مرتعش** [۲۴] استعمال کیے جاتے ہیں۔ ادوار کو کبھی بھی غیر مستحکم نہیں ہونے دیا جاتا ماسوائے جب انہیں بطور مرتعش استعمال کرنا مقصد ہو۔

اس مرتعش کی کارکردگی پر غور کرتے ہیں۔ جدول میں بیرونی مخارج Y_0 اور Y_1 کو ایک ساتھ ملا کر Y_1Y_0 لکھا جاتا ہے۔ انہیں بیرونی مخارج سے بالترتیب از رسی 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 مداخل ہے)، ہم مستحکم حال 00 سے آغاز کرتے ہیں جو دائرہ میں بند دکھایا گیا ہے۔ جدول کے تحت حال $Y_1Y_0 = 00$ ہو گا اور $y_1y_0 = 00$ ہو گا۔ اب ہم مستقل طور پر $x = 1$ کرتے ہیں، جس سے حال پہلی (بالائی) صف میں رہتے ہوئے دائیں قطار منتقل ہو گا 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 بازرسی اشارات ایک سا ہوں گے)۔ غیر مستحکم حال جدول میں غیر دائرہ بند ہیں۔

بیرونی مداخل بلند رہنے کی صورت میں ہم جدول کی دائیں قطار میں رہتے ہیں۔ کچھ تاخیر کے بعد بازرسی اشارات تک حال $Y_1Y_0 = 01$ کی خبر پہنچتی ہے لہٰذا ان تاخیر کے بعد $y_1y_0 = 01$ ہو گا۔ 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 بازرسی اشارات $y_1y_0 = 01$ ایک دوسرے سے مختلف ہیں۔ یوں ہم اب بھی عبوری حال میں ہیں، جس میں دور زیادہ دیر نہیں ٹھہر سکتا۔

چند لمحوں کی تاخیر کے بعد بازرسی اشارات تک اس حال کی خبر پہنچتی ہے اور $y_1y_0 = 11$ ہو گا۔ 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 بازرسی اشارات بھی $y_1y_0 = 01$ ہوں گے لیکن ہم دیکھ چکے کہ وہاں سے دور

---

[۲۳] unstablecircuit
[۲۴] oscillator

y_1y_0 \ x	0	1
00	00	01
01		11
11		01
10		01

$$\rightarrow 01 \longrightarrow 11 \longrightarrow 01 \rightarrow$$
ارتعاش

شکل ۱۱.۱۴: مرتعش

جلد واپس حال 11 منتقل ہو گا۔ یوں اس جدول کے تحت چلتا ہوا دور حال $Y_1Y_0 = 01$ اور $Y_1Y_0 = 11$ کے بیچ **ارتعاش**[۲۵] کرے گا۔

۱۱.۲ حالت دوڑ سے پاک ثنائی علامتوں کا تقرر

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

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

عبوری جدول کے حصول کے بعد اس میں درج حال کو ثنائی علامتیں تعین کی جاتی ہیں۔ جن حال کے مابین عبوری جدول میں تبادلہ پایا جاتا ہو، ان حال کو **ہمسایہ** ثنائی علامتیں مختص کرنے سے بحرانی دوڑ سے پاک دور حاصل ہو گا۔ دو ایسے ثنائی اعداد **ہمسایہ اعداد**[۲۶] کہلاتے ہیں جن میں صرف ایک ہندسے کا فرق ہو۔ یوں 1010 اور 1110 ہمسایہ اعداد ہیں چونکہ ان میں صرف ایک بِٹ مختلف ہے۔ اسی طرح 1110 اور 0110 آپس میں ہمسایہ ہیں جبکہ 1010 اور 0110 آپس میں ہمسایہ نہیں۔

اس ترکیب کو شکل ۱۱.۱۵-امیں دی مثال کی مدد سے دیکھتے ہیں جس میں چار صف ہیں۔ یوں دو بِٹ **حال کا متغیر** f_1f_0 اس کے چار ممکنہ حال بیان کر سکتا ہے۔ ہم حال a کے لیے $f = 00$، حال b کے لیے $f = 01$، حال c کے لیے $f = 11$، اور حال d کے لیے $f = 10$ 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 ہو گا، لہٰذا حال کا متغیر f تبدیل ہو کر 00 سے 01 ہو گا۔ چونکہ حال کے متغیر کا صرف ایک بِٹ تبدیل ہوا لہٰذا حالت دوڑ پیدا نہیں ہو گی۔ اس کے برعکس، پہلی صف میں x کی قیمت 00 سے 10 کرنے سے حال تبدیل

---

[۲۵] oscillate
[۲۶] adjacentnumbers

		مداخل x_1x_0			
f_1f_0	حال	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)

		مداخل x_1x_0			
f_1f_0	حال	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)

شکل ۱۱.۱۵: حال کے متغیرات کا تقرر

ہو کر a سے c ہو گا لہٰذا f کی قیمت 00 سے تبدیل ہو کر 11 ہو گی۔ چونکہ f کے دو ہندسے بیکوقت تبدیل ہونے کی کوشش کرتے ہیں لہٰذا حالت دوڑ پیدا ہو گی۔ یوں دو بِٹ حال کا متغیر تقرر کرنے سے حالت دوڑ پیدا ہو گی۔ ایسی صورت میں دو سے زیادہ بِٹ حال کا متغیر استعمال کر کے دیکھا جاتا ہے کہ آیا حالت دوڑ سے چھٹکارا ممکن ہے۔

کبھی کبھار چار صف عبوری جدول میں دو بِٹ حال کا متغیر یوں تقرر کرنا ممکن ہو گا کہ حالت دوڑ پیدا نہ ہو۔

شکل ۱۱.۱۵-ب میں حال کے متغیر کی ترتیب بدل کر حالت دوڑ سے بچنے کی (ناکام) کوشش کی گئی ہے۔ یہاں a ، b ، c ، اور d کے لیے بالترتیب $f = 00$ ، $f = 01$ ، $f = 10$ ، اور $f = 11$ مختص 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 ہو گی۔ دونوں صورتوں میں f کا صرف ایک بِٹ تبدیل ہو گا، لہٰذا پہلی صف میں حالت دوڑ پیدا نہیں ہو گا۔ البتہ دوسری صف میں x کی قیمت 01 سے 11 کرنے سے حال تبدیل ہو کر b سے c ہو گا اور یوں f کی قیمت 01 سے 10 ہو گی۔ حال کے متغیر کے دو بِٹ کی تبدیلی سے مراد حالت دوڑ ہے۔

مذکورہ بالا دو مثالوں سے ظاہر ہے کہ موجودہ مسئلے میں دو بِٹ حال کا متغیر مختص کرنے سے حالت دوڑ سے نجات حاصل کرنا ممکن نہیں۔ ایسی صورت میں حالت دوڑ سے پاک حال کا متغیر منتخب کرنے کے لیے ہم **ایک بلند بٹ تقرری**[۲۷] کا طریقہ استعمال کرتے ہیں، جس کا استعمال نہایت آسان ہے۔ آیئے اسی مثال پر اسے استعمال کرتے ہیں۔

شکل ۱۱.۱۶ میں حال کا متغیر چار بِٹ رکھا گیا ہے اور اس میں ایک وقت پر صرف ایک بِٹ بلند ہے۔ یوں حال a ، b ، c ، اور d کے لیے حال کے متغیر بالترتیب 0001 ، 0010 ، 0100 ، اور 1000 مقرر کیے گئے۔

شکل ۱۱.۱۶ میں جدول کی پہلی صف میں مداخل کی قیمت 00 سے 01 کرنے سے دور حال a سے حال b منتقل ہوتا ہے۔ یوں حال کا متغیر 0001 سے 0010 ہو گا اور اس میں دو بِٹ کی تبدیلی حالت دوڑ پیدا کرے گی۔ اس سے بچنے کے لیے جدول میں ایک نیا عبوری حال، e ، شامل کیا جاتا ہے۔ حال a سے b پہنچنے کے لیے اس عبوری حال سے گزرنا لازمی بنایا جاتا ہے۔ عبوری حال e کے لیے حال کا متغیر یوں مقرر کیا جاتا ہے کہ یہ a اور b دونوں کا ہمسایہ عدد ہو۔ ایسا عدد 0011 ہے۔ یوں e کے لیے حال کا متغیر 0011 مقرر کیا جاتا ہے اور جدول کو تبدیل کر کے $x = 01$ کی قطار کے حال a کی صف

---

[۲۷] onehotbitassignment

		مداخل 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: حالت دوڑ سے پاک حال کے متغیرات کا تقرر

		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

میں b کے 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 تیر دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس پورے عمل میں ہر قدم پر حال کے متغیر کا صرف ایک بِٹ تبدیل ہوتا ہے لہٰذا حالت دوڑ پیدا نہیں ہو گی۔ 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] ہو گی۔

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 ہو گی، جس سے ہم مذکورہ بالا طریقے سے چھٹکارا حاصل کرتے ہیں۔

---

[۲۸] don’tcare

		مداخل 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

اس حالت دوڑ سے بچنے کے لیے 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 لیے حال کا متغیر یوں مقرر کیا جاتا ہے کہ یہ a اور c دونوں کا ہمسایہ عدد ہو۔ ایسا عدد 0101 ہے۔ یوں ح f کے لیے 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۔

یہی طریقہ کار تمام خانوں کے لیے دہرایا جاتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل ۱۱.۱۹ حاصل ہو گا۔ 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 سے اس حصے میں پلٹ کا تجزیہ کیا جائے گا۔ چند مثالوں کے بعد حصہ ۱۱.۳.۳ میں اس طریقہ کار پر قدم بہ قدم غور کیا جائے گا۔

۱۱.۳.۱ ایس آر پلٹ

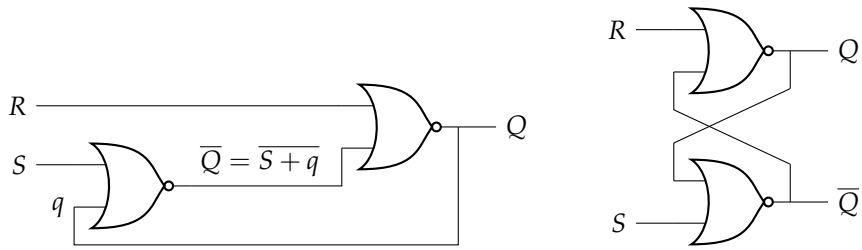
عبوری جدول استعمال کر کے ایس آر پلٹ پر غور کرتے ہیں۔ شکل ۱۱.۲۰-ا میں ایس آر پلٹ اور شکل-ب میں اسی کو بطور **باز رسی دور** پیش کیا گیا ہے جہاں **باز رسی اشارہ** q کی پہچان آسان ہے۔ شکل-ب سے درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$\begin{aligned} Q &= \overline{R + \overline{S + q}} \\ &= \overline{R}S + \overline{R}q \end{aligned}$$

حال کے متغیر Q کو بطور باز رسی اشارہ q استعمال کیا گیا ہے۔ یوں حال کا متغیر Q ، اندرونی مداخل q جبکہ بیرونی مداخل S اور R ہیں۔ انہیں استعمال

		مداخل x_1x_0			
$f_3f_2f_1f_0$	حال	00	01	11	10
0001	a	a	$\cancel{b}, e$	$\cancel{c}, f$	$\cancel{c}, f$
0010	b	$\cancel{a}, e$	b	c	d
0100	c	$\cancel{a}, f$	$\cancel{b}, g$	c	c
1000	d	d	$\cancel{b}, h$	$\cancel{c}, i$	d
0011	e	a	b	–	–
0101	f	a	–	c	c
0110	g	–	b	c	–
1010	h	–	b	–	d
1100	i	–	–	c	–

شکل ۱۱.۱۹: حالت دوڑ سے مکمل پاک حال کے متغیرات کا تقرر



(ب) (ا)

q \ SR	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

(ج)

شکل ۱۱.۲۰: ایس آر پلٹ

$q \backslash SR$	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

(ا)

$q \backslash SR$	00	01	11	10
0	0	0	0	1
1	1	0	0	1

(ب)

شکل ۱۱.۲۱: ایس آر پلٹ کا 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۔ آیئے اس پلٹ کا تجزیہ اس کے عبوری جدول کی مدد سے کریں۔ پلٹ کا جدول صداقت مندرجہ ذیل ہے۔

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

جدول سے ظاہر ہے کہ جمع متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ استعمال کرتے ہوئے دونوں مداخل بیکوقت بلند کرنے کی اجازت نہیں۔ دونوں مداخل بیکوقت بلند کرنے سے پلٹ کے مخارج Q اور $\overline{Q}$ بیکوقت پست ہوں گے جبکہ ہر صورت ان کا آپس میں متضاد رہنا ضروری ہے۔ درج ذیل مساوات پر پورا اترنے سے یہ شرط پوری ہو گی۔

$$S \cdot R = 0 \tag{۱۱.۳}$$

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 تیر دار لکیر اس عمل کو ظاہر کرتی ہے۔

اسی طرح $SR = 10$ کی صورت میں پلٹ کا بلند مستحکم حال $q = 1$ کی صف میں پایا جاتا ہے۔ عبوری جدول کے مطابق $SR = 00$ کرنے سے پلٹ بلند حال میں رہے گا، جو شکل-ب میں تیر دار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ یہ دونوں اعمال پلٹ کے بوولین 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 طریق کار** کے تحت چلایا جاتا ہے جہاں ایک سے زیادہ بیرونی مداخل تبدیل کرنے کی اجازت نہیں۔ بہر حال پھر بھی دیکھتے ہیں کہ ایسا کرنے سے کیا مسائل کھڑے ہوتے ہیں۔ بوولین جدول کے مطابق $SR = 00$ کرنے سے قبل Q اور $\overline{Q}$ دونوں پست ہوں گے نا کہ آپس میں متضاد جبکہ کسی بھی پلٹ کے لیے لازم ہے کہ اس کے دونوں مخارج ہر وقت متضاد حال ہوں۔ ساتھ ہی، عبوری جدول کے تحت اگر S پہلے پست حال اختیار کر لے تو اختتامی حال 0 ہو گا جبکہ اگر R

پہلے پست ہو تب اختتامی حال 1 ہو گا۔ چونکہ قبل از وقت یہ جاننا ممکن نہیں کہ S یا R پہلے پست ہو گا لہٰذا 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-ا میں ڈی پلٹ دکھایا گیا ہے جو ساعت کے کنارہ پر چلتا ہے۔ ڈی پلٹ میں اندرونی بازرسی دور پایا جاتا ہے جس کے اندرونی حال کے متغیرات S اور R جبکہ بازرسی اشارات s اور r ہیں[۲۹]۔ شکل-ب میں ڈی پلٹ کو بازرسی دور کے طرز پر بنایا گیا ہے تاکہ بازرسی اشارات s اور r کی پہچان آسان ہو۔

اس دور میں S اور R حال کے متغیرات، s اور r بازرسی اشارات، جبکہ C اور D بیرونی مداخل ہیں۔ یوں درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$
\begin{aligned}
A &= \overline{sB} \\
B &= \overline{Dr} \\
S &= \overline{AC} = \overline{A} + \overline{C} = \overline{\overline{sB}} + \overline{C} = sB + \overline{C} = s(\overline{rD}) + \overline{C} \\
&= s(\overline{r} + \overline{D}) + \overline{C} \\
R &= \overline{BCs} = \overline{B} + \overline{C} + \overline{s} = \overline{\overline{Dr}} + \overline{C} + \overline{s} \\
&= Dr + \overline{C} + \overline{s}
\end{aligned}
\tag{۱۱.۴}
$$

ان مساوات سے حاصل S اور R کے بوولین جدول کو کارناف نقشہ جات کے طرز پر شکل ۱۱.۲۳-ا اور شکل-ب میں لکھ کر شکل-ج کا عبوری جدول حاصل کیا گیا۔ مکمل حال[۳۰] $srCD$ کی صورت میں لکھتے ہوئے اس جدول پر غور کرتے ہیں۔

فرض کریں جس لمحے پلٹ کو برقی طاقت مہیا کر کے زندہ کیا جاتا ہے اس لمحے ساعت، C، اور بیرونی مداخل، D، دونوں پست ہیں۔ عبوری جدول کے مطابق دور $CD = 00$ کی قطار میں ہو گا۔ 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 فراہمی کے لمحے تاخیر ایسی ہوں کہ دوران تین عبوری خانوں میں سے کسی ایک میں داخل ہو تو وہ یہاں سے جلد $sr = 11$ کی صف پہنچ کر مستحکم حال اختیار کرے گا۔ اگر زندہ ہوتے ہی دور سیدھا 1100 خانے میں داخل ہو تب وہ یہی رہے گا۔

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 ہو گا۔

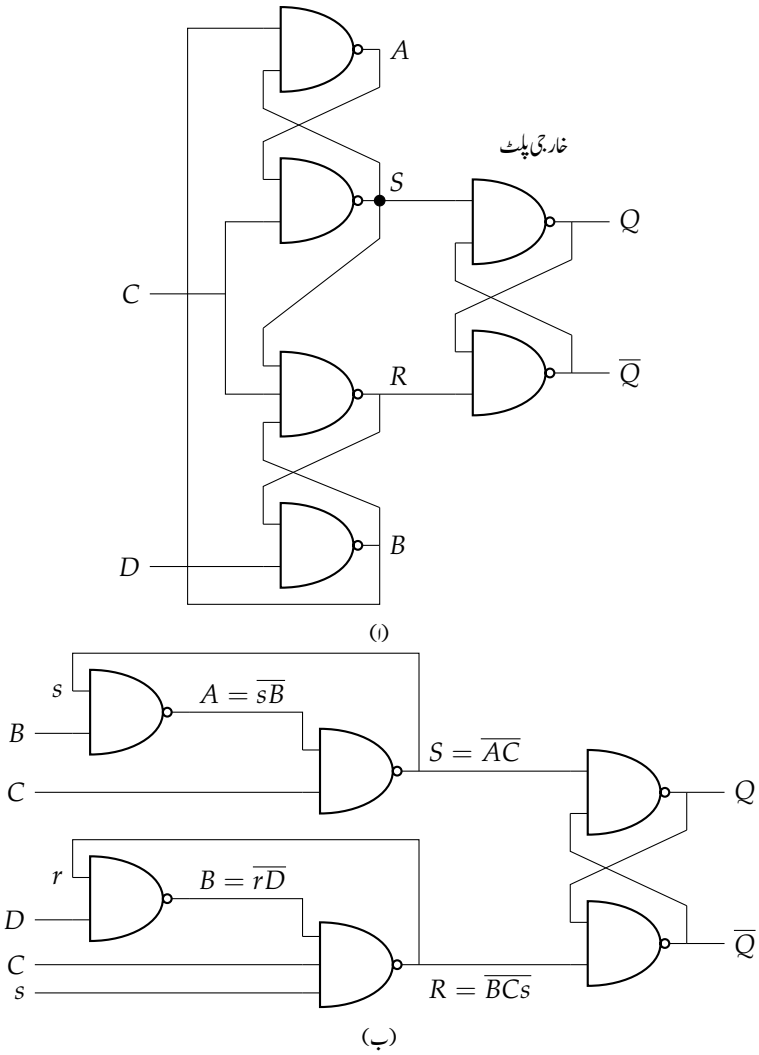
پست ساعت کی صورت میں حال کے متغیر SR کی قیمت 11 رہتی ہے۔ عبوری جدول میں $CD = 00$ اور $CD = 01$ کی دو قطاریں اس حقیقت کو ظاہر کرتی ہیں جہاں تمام SR کی قیمت 11 ہے۔ ہم جانتے ہیں ایس آر پلٹ کے دونوں مداخل بلند ہونے کی صورت میں پلٹ اپنا حال برقرار رکھتی ہے۔ یوں شکل ۱۱.۲۲ میں خارجی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی۔

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

---

[۲۹] اس کتاب میں ضرب متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے مداخل عموماً $\overline{S}$ اور $\overline{R}$ لکھے گئے ہیں۔ یہاں S اور R لکھا گیا ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اس سے پریشانی پیدا نہیں ہو گی۔

[۳۰] completestate



شکل ۱۱.۲۲: ڈی پلٹ بطور بازرسی دور

$sr \backslash CD$	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	1	0
10	1	1	0	0

$R = rD + \overline{C} + \overline{s}$

(ا)

$sr \backslash CD$	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	1	1	0	0
11	1	1	0	1
10	1	1	1	1

$S = s(\overline{r} + \overline{D}) + \overline{C}$

(ب)

$sr \backslash CD$	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 ۲۳.۱۱: ڈی پلٹ کے عبوری جدول کا حصول اور استعمال

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

فرض کریں دور مستحکم حال 1100 ، یعنی خانہ a ، میں ہے جب بیرونی مداخل C بلند ہوتا ہے۔ بیرونی مداخل 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 لہٰذا $Q = 0$ ہو جائے گا۔ اس قدم کو خانہ a سے خانہ e کے راستے خانہ m تک تیر 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 ہو گی۔ آگے پڑھتے ہوئے تسلی کر لیں کہ ہر قدم پر کسی بھی عبوری حال سے گزرتے وقت SR کی قیمت وہی ہو گی جو اس قدم کے اختتامی حال میں ہو گی۔ یوں ان لمحات پر لرزش سے کسی قسم کی غیر یقینی صورت پیدا نہیں ہو گی۔

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 تیر دار لکیر ظاہر کرتی ہے۔ یہ قدم بلند بیرونی مداخل $D = 1$ 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 مخارج بلند $(Q = 1)$ کرتا ہے۔

ساعت کے **کنارہ اترائی** پر ہونے والے عمل کو تیر 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 $SR = 11$ ہو گا لہٰذا بیرونی پلٹ اپنا حال برقرار رکھے گی اور یوں ساعت کے کنارہ اترائی پر ڈی پلٹ کے حال میں کسی قسم کی تبدیلی رونما نہیں ہو گی۔

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 بیکوقت پست نہیں ہو سکتے۔ یاد رہے کہ S اور R دونوں بیکوقت پست ہونے سے بیرونی پلٹ کے دونوں مخارج بلند ہو جائیں گے جو کہ ناقابل قبول صورت ہو گی۔ یوں عبوری جدول میں 0010 اور 0011 کے خانے کوئی معنی نہیں رکھتے۔ ان خانوں کو x لکھ کر اجاگر کیا گیا ہے۔

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

مذکورہ بالا مثالوں میں استعمال کیے گئے طریقہ کار کو یہاں بیان کرتے ہیں۔ پلٹ کے اپنے بازرسی اشارات کو نظرانداز کرتے ہیں۔

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

---

[۳۱] risingedge

- جمع متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے لیے تسلی کر لیں کہ $SR = 0$ ہے جبکہ ضرب متمم گیٹ پر مبنی ایس آر پلٹ کے لیے $\overline{S}\,\overline{R} = 0$ ہونا ضروری ہے۔ ایسا نہ ہونے کی صورت میں پلٹ غلط نتائج 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 بازرسی اشارات y جبکہ نقشوں کے اُوپر صف میں بیرونی مداخل x لکھیں جہاں y سے مراد $\cdots y_3y_2y_1y_0$ جبکہ x سے مراد $\cdots x_3x_2x_1x_0$ ہے۔
- ان نقشوں کو عبوری جدول میں یکجا کریں۔ ان نقشوں کے خانوں میں Y لکھیں، جہاں Y سے مراد $\cdots Y_3Y_2Y_1Y_0$ ہے۔
- وہ خانے جن میں $Y = y$ ہو، مستحکم حال ظاہر کرتے ہیں۔ انہیں دائرہ میں بند کریں۔ یوں عبوری جدول حاصل ہو گا۔

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 بناوٹ سمجھ پائیں گے۔

۱۲.۱ بناوٹ

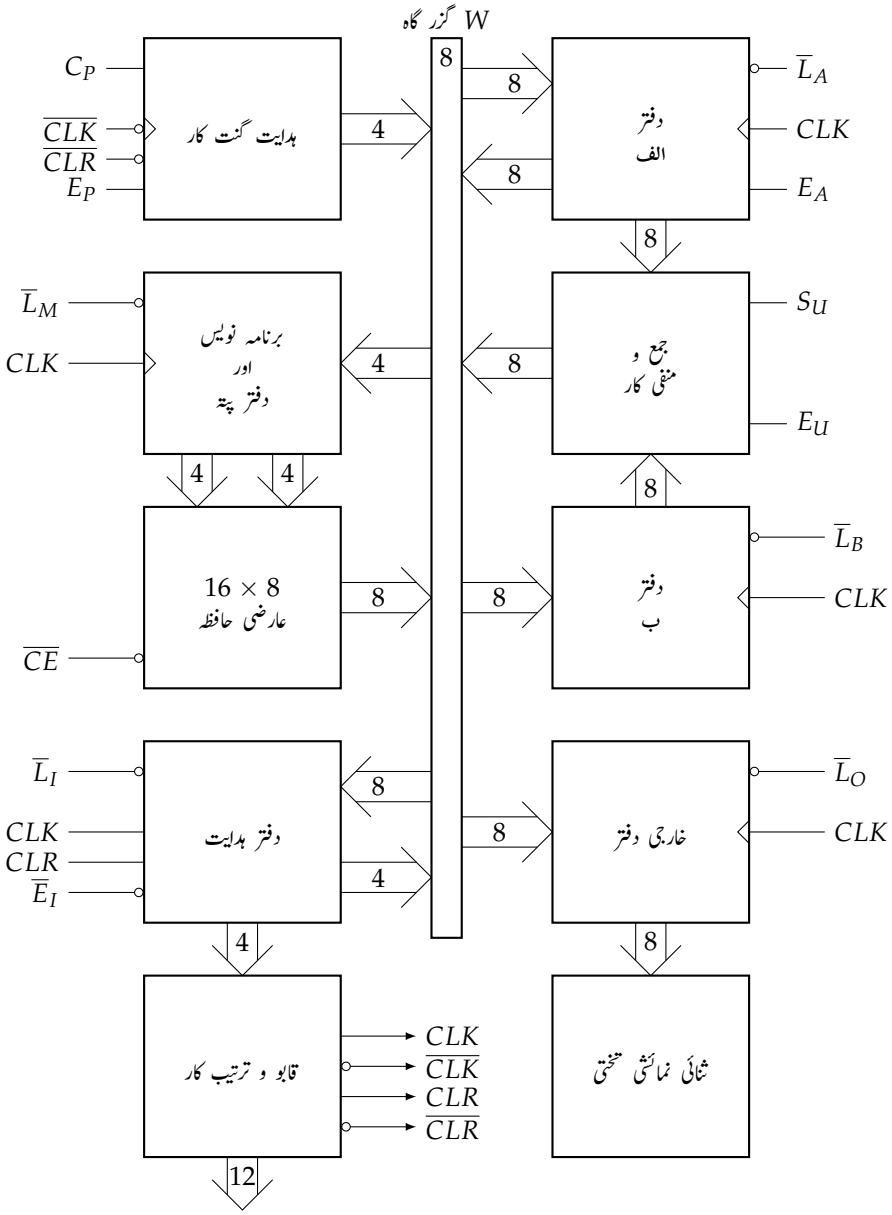
اس سادہ ترین کمپیوٹر (جس کو ہم **کمپیوٹر الف** کہیں گے) کی بناوٹ شکل ۱.۱۲ میں پیش ہے۔ یہ ایک مکمل کمپیوٹر ہے۔ دفاتر کے وہ خروج جو آٹھ بِٹ گزرگاہ سے جڑے ہیں، **سہ حالی**[1] ہیں؛ جو مواد کی منظم ترسیل ممکن بناتا ہے۔ آٹھ بِٹ گزرگاہ سے مراد آٹھ برقی تاریں ہیں جو ذیلی ادوار (مثلاً حافظہ، جمع و منفی کار) کے مابین مواد کی ترسیل ممکن بناتے ہیں۔ دفاتر کے باقی خروج **دو حالی**[2] ہیں؛ یہ خروج ان خانہ دار ادوار کو مسلسل معلومات (مواد، پتہ، شمار وغیرہ) فراہم کرتے ہیں جن سے یہ منسلک ہیں۔

کمپیوٹر الف کے مختلف حصے واضح کرنے کی غرض سے شکل ۱.۱۲ بنایا گیا ہے۔ اسی لیے تمام قابو اشارات ایک خانہ (ڈبہ) جسے **قابو مرکز**[3] کہتے ہیں میں رکھے گئے ہیں؛ تمام داخلی اور خارجی ادوار ایک خانہ جسے **دخول و خروج مرکز**[4] کہتے ہیں میں رکھے گئے ہیں، وغیرہ، وغیرہ۔

شکل ۱.۱۲ میں پیش کئی دفاتر آپ پہلے سے جانتے ہیں۔ ہر ڈبے کی خصوصیات مختصراً بیان کرتے ہیں؛ ان پر تفصیلی گفتگو بعد میں کی جائے گی۔

---

[1] tri-state
[2] two-state
[3] controlunit
[4] input-outputunit



$C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE}\ \ \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A\ \ S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O$

شکل ۱۲.۱: کمپیوٹر الف کی بناوٹ

ہدایت گنت کار

حافظہ کے شروع میں **برنامہ**[۵] (پروگرام) رکھا جاتا ہے۔ پہلا ہدایت ثنائی پتہ 0000 پر، دوسرا ہدایت پتہ 0001 ، اور تیسرا ہدایت 0010 پر ہوگا۔ **ہدایت گنت کار**[۶]، جو قابو 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 لیے ہدایت گنت کار بعض اوقات **اشارہ گر**[۷] کہلاتا ہے؛ یہ حافظہ میں اس مقام کی طرف اشارہ کرتا ہے جہاں کوئی اہم معلومات درج ہو گی۔

برنامہ نویس اور دفتر پتہ

ہدایت گنت کار کے نیچے برنامہ نویس اور دفتر پتہ کا خانہ ہے۔ شکل ۱۲.۲ میں برنامہ نویس پیش ہے (صفحہ ۲۲۴ پر شکل ۹.۱۹ سمجھیں) جس کے ذریعہ سوئچوں کی مدد سے عارضی حافظہ کو 4 پتہ اور 8 موادِ بٹ 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 (اٹھائی) جاتی ہے۔

عارضی حافظہ

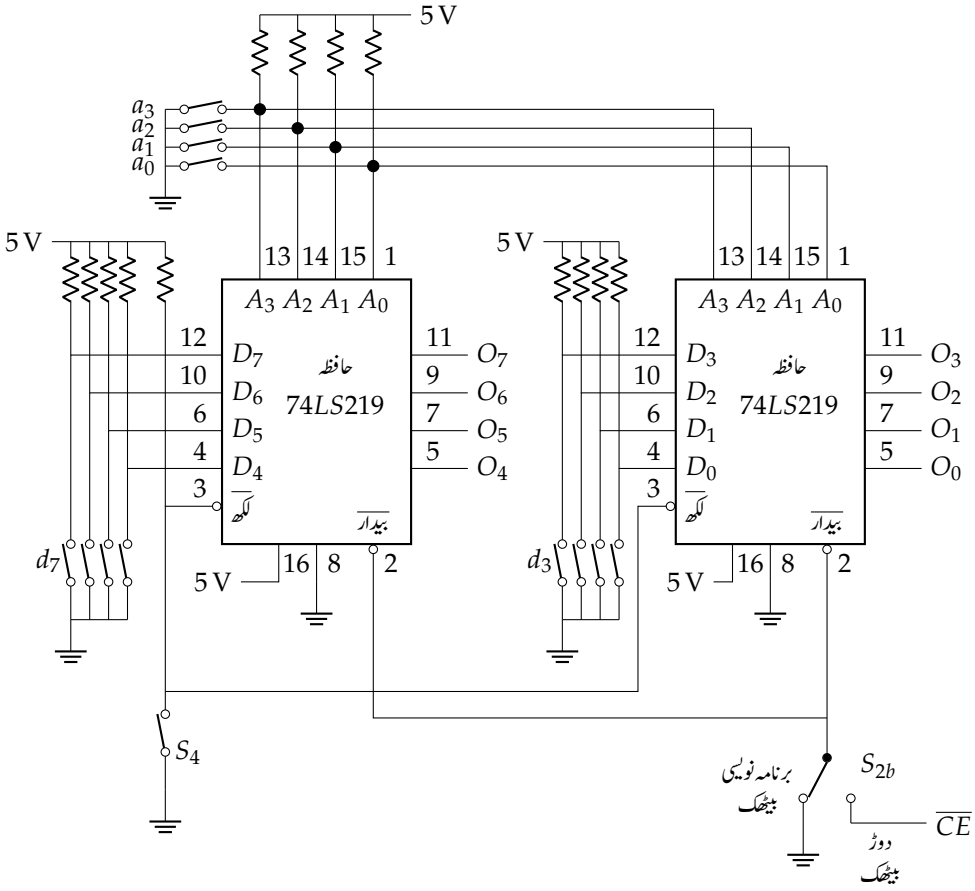
کمپیوٹر کی دوڑ سے قبل 8×16 عارضی حافظہ میں ہدایت اور درکار مواد لکھا جاتا ہے۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران، حافظہ کو دفتر پتہ 4 بِٹ پتہ فراہم کرتا ہے؛ جہاں سے ہدایت یا مواد پڑھ کر W گزرگاہ پر رکھ دیا جاتا ہے جسے کمپیوٹر کا کوئی دوسرا حصہ استعمال کر سکتا ہے۔ عارضی حافظہ کے مخارج $\overline{O}_0$ تا $\overline{O}_7$ آٹھ برقی تاروں کے ذریعہ کمپیوٹر کے باقی حصوں کے ساتھ جڑا ہے۔ ان آٹھ تاروں کو W گزرگاہ کہتے ہیں۔

دفتر ہدایت

قابو مرکز کا ایک حصہ **دفتر ہدایت**[۸] ہے۔ حافظہ سے ہدایت پڑھنے کی خاطر کمپیوٹر جو عمل سرانجام دیتا ہے اس کو **ہدایت پڑھ عمل**[۹] کہتے ہیں۔ حافظہ کے **مخاطب مقام**[۱۰] 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 لیے تیار کر دیا جاتا ہے۔ (مخاطب مقام سے مراد حافظہ میں وہ مقام ہے جس کا پتہ حافظہ کو فراہم کیا گیا ہو۔)

---

[۵] program
[۶] programcounter
[۷] pointer
[۸] instructionregister
[۹] memoryreadoperation
[۱۰] addressedlocation



شکل ۱۲.۲: برنامہ نویس

دفتر ہدایت میں موجود معلومات کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاتا ہے۔ زیریں (نچلے) چار بِٹ سہ حالی مخارج ہے جو بوقت ضرورت W گزرگاہ پر ڈال دیا جاتا ہے جبکہ بالا چار بِٹ دو حالی مخارج ہے جو سیدھا قابو و ترتیب کار کو مہیا کیا جاتا ہے۔

قابو و ترتیب کار

کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل ہدایت گنت کار کو پست (فعال) $\overline{CLR}$ اور دفتر ہدایت کو بلند (فعال) CLR اشارہ بھیجا جاتا ہے، جو ہدایت گنت کار صاف (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 اس بات کو یقینی بناتا ہے کہ تمام کام اپنے اپنے وقت پر ہو۔ دوسرے لفظوں میں، دفاتر کے مابین معلومات کا تبادلہ مشترک ساعت CLK کے مثبت کنارے پر ہو گا۔ دھیان رہے، ہدایت گنت کار کو $\overline{CLK}$ اشارہ بھی فراہم کیا گیا ہے۔

قابو و ترتیب کار 12 بِٹ **قابو لفظ**[11] خارج کرتا ہے جو باقی کمپیوٹر کو قابو کرتا ہے۔ وہ 12 برقی تار جن پر یہ لفظ ترسیل ہوتا ہے **قابو گزرگاہ**[12] کہلاتا ہے۔

بارہ بِٹ ''قابو لفظ'' درج ذیل ہے۔

$$\text{قابو لفظ} = C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE} \;\; \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A \;\; S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O$$

ساعت CLK کے اگلے مثبت کنارے پر دفاتر کا عمل اس لفظ کے تحت ہو گا۔ مثلاً، بلند E_P اور پست $\overline{L}_M$ کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر ہدایت گنت کار کی معلومات دفتر پتہ میں نقل ہو گی۔ اسی طرح، پست $\overline{CE}$ اور پست $\overline{L}_A$ کی صورت میں ساعت کے اگلے مثبت کنارے پر دفتر الف میں عارضی حافظہ کا مخاطب لفظ نقل ہو گا۔ انتقال مواد کی وقتیہ ترسیمات پر غور (جس سے ہم جان پائیں گے یہ انتقال کیسے 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 ۱.۱۲ 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 بِٹ لفظ جمع و منفی کار کو مسلسل فراہم ہو گا؛ یہی لفظ بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر بھی ڈالا جائے گا۔

جمع و منفی کار

یہاں تکملہ 2 کا جمع و منفی کار مستعمل ہے۔ پست S_U کی صورت میں شکل ۱.۱۲ میں جمع و منفی کار کا مخارج S درج ذیل ہو گا۔

$$S = \text{الف} + \text{ب}$$

بلند S_U کی صورت میں جمع و منفی کار درج ذیل دے گا جہاں B' سے مراد B کا اساس 2 تکملہ ہے۔ (یاد رہے، 2 کا تکملہ علامت تبدیل کرنے کے مترادف ہے۔)

$$S = \text{الف} + \text{ب}'$$

---

[11] controlword
[12] controlbus

جمع و منفی کار غیر معاصر ہے (یعنی اس کی کارکردگی ساعت پر منحصر نہیں)؛ یوں جیسے ہی داخلی الفاظ تبدیل ہوں، اس کا مخارج تبدیل ہو گا۔ بلند E_U کی صورت میں یہ مخارج W گزرگاہ پر ڈالا جائے گا۔

دفتر ب

دفتر ب حسابی اعمال میں استعمال کیا جاتا ہے۔ پست $\overline{L}_B$ کی صورت میں ساعت کے مثبت کنارے پر W گزرگاہ پر موجود لفظ ب میں نقل ہو گا۔ دفتر ب کا دو حالی مخارج مسلسل جمع و منفی کار کو فراہم کیا جاتا ہے۔ یہ عدد الف میں موجود عدد کے ساتھ جمع یا اس سے منفی ہو گا۔

خارجی دفتر

کسی بھی مسئلے کو حل کرنے کے بعد حاصل نتیجہ دفتر الف میں ہو گا۔ یہ نتیجہ بیرونی دنیا کو بتانا مقصود ہو گا۔ یہ کام **خارجی دفتر** [۱۳] کے سپرد ہے۔ بلند E_A اور پست $\overline{L}_O$ 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 لہٰذا اسے عموماً **خارجی روزن** [۱۴] بھی کہتے ہیں۔ خارجی روزن **ملاپی ادوار** [۱۵] سے منسلک ہو گا جو بیرونی آلات مثلاً **پرنٹر** [۱۶]، سات کلی نمائشی تختی، کمپیوٹر کا شیشہ، وغیرہ چلاتے ہیں۔

ثنائی نمائشی تختی

ثنائی نمائشی تختی آٹھ **نوری ڈایوڈ** [۱۷] پر مبنی ہے۔ خارجی روزن کے ہر بٹ کے ساتھ ایک نوری ڈایوڈ منسلک ہے۔ یوں ثنائی نمائشی تختی پر خارجی دفتر میں موجود معلومات ثنائی روپ میں نظر آئے گی۔

خلاصہ

اس کمپیوٹر کا قابو مرکز ہدایت گنت کار، ہدایت دفتر، اور قابو و ترتیب کار (جو قابو لفظ، ساعت CLK، اور زائل اشارہ CLR پیدا کرتا ہے) پر مشتمل ہے۔ کمپیوٹر کا **مرکز حساب و منطق** [۱۸] 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 روزن، اور ثنائی نمائشی تختی مل کر دخول و خروج مرکز دیتے ہیں۔

۱۲.۲ ہدایات کی فہرست

کمپیوٹر کی بامقصد دوڑ سے قبل اس کے حافظہ میں ہدایات قدم بہ قدم بھرنا لازم ہے۔ البتہ، ایسا کرنے سے پہلے آپ کو یہ ہدایات جاننی ہو گی۔ ان ہدایات سے مراد وہ اعمال ہیں جو یہ کمپیوٹر سرانجام دے سکتا ہے۔ اس کمپیوٹر کی ہدایات کی فہرست پر اب غور کرتے ہیں۔ ہدایات کا مجموعہ کمپیوٹر کی **مادری زبان** [۱۹] کہلاتا ہے۔

---

[۱۳] outputregister
[۱۴] outputport
[۱۵] interfacecircuits
[۱۶] printer
[۱۷] LED
[۱۸] arithmeticlogicunit,ALU
[۱۹] assemblylanguage

نقل

حافظہ کے مقام 0000_2 پر موجود معلومات کو ہم R_0 کہتے ہیں، مقام 0001_2 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 0_{16} ہے۔ سادس عشری اعداد کے آخر میں زیر نوشت 16 لکھنے کے بجائے ہم عدد کے آخر میں H لکھتے ہیں۔

کمپیوٹر الف کی ایک ہدایت نقل ہے، جو دفتر الف میں مواد ''نقل'' کرنے کی ہدایت ہے۔ پوری ہدایت میں اس مواد کا سادس عشری پتہ بھی دیا جاتا ہے جو دفتر الف میں بھرا جائے گا، لہٰذا مکمل ہدایت درج ذیل ہے، جو جدول ۱.۱۲ میں بھی پیش ہے۔

نقل پتہ

یوں ''نقل **8H**'' کہتی ہے، عارضی حافظہ کے پتہ $8H$ پر درج معلومات کو دفتر الف میں نقل کر؛ یعنی حافظہ کے مقام $8H$ سے دفتر الف میں مواد ڈال۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر الف میں اور حافظہ کے مقام $8H$ پر ایک سا مواد پایا جائے گا۔ یوں درج ذیل صورت میں

$$R_8 = 1111\,0000$$

جو کہتی ہے مقام R_8 پر ثنائی معلومات 1111 0000 محفوظ ہے، ذیل ہدایت

نقل 8H

پر عمل 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**''، حافظہ کے مقام 10_{10} سے دفتر الف میں معلومات نقل کرے گی، اور ''نقل **FH**'' حافظہ کے مقام F_{16} 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 کا پتہ مکمل ہدایت میں شامل ہوگا؛ نتیجہ دفتر الف میں محفوظ ہوگا، لہٰذا دفتر الف میں پہلے سے موجود مواد زائل ہوگا۔ یوں اگر دفتر الف میں 2_{10} اور حافظہ کے مقام $9H$ پر 3_{10} ہو:

$$\text{الف} = 0000\,0010$$
$$R_9 = 0000\,0011$$

تب ذیل ہدایت

جمع 9H

پر عمل کرنے کے لیے درج ذیل اقدام پر عمل کرنا ہوگا۔ پہلے قدم پر، دفتر ب میں R_9 ڈالا جائے گا:

$$\text{ب} = 0000\,0011$$

جدول ۱.۱۲: کمپیوٹر کی مادری زبان کی ہدایات

ہدایت	عمل
نقل پتہ	دفتر الف میں حافظہ سے مواد کا نقل
جمع پتہ	دفتر الف کے ساتھ حافظہ کا مواد جمع کرنا
منفی پتہ	دفتر الف سے حافظہ کا مواد منفی کرنا
برآمد	دفتر الف کا مواد رخارجی دفتر میں ڈالنا
رک	کام روک دینا

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 ڈالا جاتا 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 ڈالا جاتا ہے۔ چونکہ دفتر الف میں پہلے سے موجود مواد کے اوپر نیا مواد (حاصل جمع) لکھا جاتا ہے لہٰذا دفتر الف کا پرانا مواد زائل ہو گا۔ اسی طرح چونکہ دفتر ب میں دیے گئے پتے کا مواد ڈالا کیا جاتا ہے لہٰذا دفتر ب کا پرانا مواد بھی زائل ہو گا۔ اس طرح ''جمع **9H**'' پر عمل کرنے سے دفتر الف کا مواد اور R_9 کا مجموعہ دفتر الف میں حاصل ہو گا۔ ''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 لیے کمپیوٹر کی ہدایت منفی ہے جو دفتر الف میں موجود عدد سے دیا گیا عدد منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی۔ مکمل ہدایت میں منفی ہونے والے عدد کے مقام کا پتہ بھی شامل ہو گا۔

منفی پتہ

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۔

مثال کی خاطر فرض 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 ہو گا۔ پہلے قدم پر، دفتر ب میں R_C ڈالا کیا جاتا ہے:

$$\text{ب} = 0000\,0011$$

جس کے فوراً بعد جمع و منفی کار دفتر الف اور ب کا فرق:

$$\text{فرق} = 0000\,0100$$

معلوم کرتا ہے۔ دوسرے قدم پر یہ فرق دفتر الف میں ڈالا جاتا ہے۔

$$\text{الف} = 0000\,0100$$

منفی ہدایت پر عمل درج بالا اقدام کے ذریعہ ہو گا؛ 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 فرق معلوم کرتا ہے۔ یہ فرق 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 خارجی دفتر میں ڈالیں۔ اس ہدایت پر عمل کرنے کے بعد دفتر الف کا مواد کمپیوٹر سے باہر دستیاب ہو گا جہاں سے آپ نتیجہ دیکھ سکتے ہیں۔

اس ہدایت پر عمل کرنے کے لیے حافظہ سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہٰذا اس ہدایت میں پتہ درکار نہیں ہے۔

رک

یہ ہدایت، جو برنامے کی آخری ہدایت ہو گی، کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔ یہ ہدایت، جملہ مکمل ہونے کے بعد (جملے کے آخر میں) **ختمہ**[۲۰] 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 حافظہ سے رجوع کرنے کی ضرورت نہیں لہٰذا اس ہدایت میں پتے کی شمولیت نہیں ہو گی۔

حافظہ سے رجوع کرنے والی راجع ہدایات

نقل، جمع، اور منفی ہدایات حافظہ سے رجوع کرتی ہیں لہٰذا یہ **راجع ہدایات**[۲۱] کہلاتی ہیں۔ اس کے برعکس برآمد اور رک حافظہ سے رجوع نہیں کرتی ہیں لہٰذا یہ ہدایات غیر راجع ہیں۔

8080 اور 8085

وسیع پیمانے پر استعمال ہونے والا پہلا **خرد عامل کار**[۲۲] (مائکروپراسیسر) 8080 تھا۔ اس کی کل 72 ہدایات ہیں۔ اس خرد عامل کار 8085 ہے جو انہیں ہدایات پر چلتا ہے۔ کمپیوٹر الف کو حقیقتاً قابل 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 ۱.۱۲: کمپیوٹر الف کا ایک برنامہ پیش ہے۔

---

[۲۰] fullstop
[۲۱] memory-referenceinstructions
[۲۲] microprocessor

پتہ	ہدایات
0H	نقل 9H
1H	جمع AH
2H	جمع BH
3H	منفی CH
4H	برآمد
5H	رک

حافظہ میں برنامہ سے اوپر درج ذیل مواد پایا جاتا ہے۔

پتہ	مواد
6H	FFH
7H	FFH
8H	FFH
9H	01H
AH	02H
BH	03H
CH	04H
DH	FFH
EH	FFH
FH	FFH

یہ ہدایات کیا کریں گے؟

حل: برنامہ نچلے حافظہ میں $0H$ تا $5H$ مقامات پر رکھا گیا ہے۔ پہلی ہدایت حافظہ کے مقام $9H$ سے مواد $01H$ دفتر الف میں نقل 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 ثنائی نمائشی تختی منسلک ہے جس پر یہ مواد ثنائی روپ میں نظر آئے گا۔ یوں نوری ڈایوڈ درج ذیل دکھائیں گے۔

0000 0010

آخری ہدایت رک ہے جو کمپیوٹر کو مزید ہدایات پر عمل کرنے سے روکتی ہے۔ □

جدول ۱۲.۲: کمپیوٹر الف کے ہدایتی رمز

ہدایت	ہدایتی رمز
نقل	0000
جمع	0001
منفی	0010
برآمد	1110
رک	1111

۱۲.۳ کمپیوٹر کی برنامہ نویسی

کمپیوٹر حافظہ میں ہدایات اور مواد بھرنے کے لیے ہمیں ایسی زبان استعمال کرنی ہو گی جو کمپیوٹر سمجھ سکے۔ جدول ۱۲.۲ میں کمپیوٹر کے **ہدایتی رموز**[۲۳] پیش ہیں۔ یوں ''نقل '' کی ہدایت کے لیے کمپیوٹر 0000 کا ثنائی رمز استعمال کرتا ہے۔ ''جمع '' کے لیے 0001 ، ''منفی '' کے لیے 0010 ، ''برآمد '' کے لیے 1110 ، اور ''رک'' کے لیے 1111 رمز استعمال ہو گا۔

جیسا پہلے ذکر کیا گیا، (صفحہ ۲۲۴ 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 نویسی کے دوران سوئچ d_4 تا d_7 ہدایت کے رمز کے مطابق رکھے جاتے ہیں جبکہ d_0 تا d_3 ہدایت کے باقی **زیر عمل**[۲۴] حصہ کے مطابق رکھے جاتے ہیں۔

مثلاً، فرض 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 ثنائی روپ حاصل کرتے ہیں۔

$$\text{نقل FH} = 0000\ 1111$$
$$\text{جمع EH} = 0001\ 1110$$
$$\text{رک} = 1111\ \text{xxxx}$$

پہلی ہدایت ''نقل FH'' ہے جس کے دو حصے ہیں۔ اس کا پہلا حصہ ہدایت ''نقل '' ہے جس کا ثنائی 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**[۲۵] حصہ ہے۔ اس پتے کا ثنائی مماثل 1111 ہے۔ یوں ''جمع FH'' کی جگہ ان کے ثنائی مماثل جوڑ کر 0000 1111 حاصل کیا گیا ہے۔ دوسری ہدایت میں جمع کا رمز 0001 اور زیر عمل حصہ EH کا ثنائی مماثل 1110 ہے۔ ان

---

[۲۳] operationcodes,opcodes
[۲۴] operand
[۲۵] operand

کو ساتھ ساتھ لکھ کر 0001 1110 حاصل کیا گیا ہے۔ آخری ہدایت میں رکی کا رمز 1111 ہے جبکہ اس کا کوئی زیر عمل حصہ نہیں پایا جاتا، لہٰذا زیر عمل حصہ غیر مطلوبہ ہے جس میں کچھ بھی لکھا جا سکتا ہے۔ اس غیر مطلوبہ حصہ کو $xxxx$ سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں $1111\ xxxx$ حاصل کیا گیا ہے۔

اب S_{2b} کو ''برنامہ نویسی بیٹھک'' پر بٹھا کر (یعنی اس کا بازو زمین کے ساتھ جوڑ کر) پتہ اور مواد کے سوئچ قدم بہ 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۔

پتہ	مواد
ب ب ب ب	ک ک ک ک ب ب ب ب
ک ب ب ب	ب ک ک ک ک ب ب ب
ب ک ب ب	x x x x ک ک ک ک

S_4 **داب بتام**[۲۶] ہے جو دبانے سے بیٹھتا اور چھوڑنے سے اٹھتا ہے۔ آزاد (بغیر دبائے گئے) حالت میں داب بتام کھڑا رہتا ہے۔ ہر قدم پر پتہ اور مواد سوئچ مطلوبہ حالت میں رکھ کر S_4 لحاتی بٹھا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے تاکہ مطلوبہ پتے پر مواد لکھی جائے۔ تینوں پتہ پر مواد لکھنے کے بعد S_{2b} کو ''دوڑ بیٹھک'' پر بٹھائیں (یعنی اس کے بازو کو زمین کے بجائے ''دوڑ'' کے مقام پر رکھیں جو $\overline{CE}$ اشارے سے جڑا ہے)۔ حافظہ کے ابتدائی تین مقامات پر اب درج ذیل پایا جائے گا۔

پتہ	مواد
0000	0000 1111
0001	0001 1110
0010	$1111\ xxxx$

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 ''ثنائی زبان'' سمجھتا ہے جو **مشینی زبان**[۲۷] 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۔

پتہ	ہدایات	
0H	نقل	**9H**
1H	جمع	**AH**
2H	جمع	**BH**
3H	منفی	**CH**
4H	برآمد	
5H	رک	

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

---

[۲۶] pushbutton
[۲۷] machinelanguage

پتہ	ہدایت
0000	1001 0000
0001	1010 0001
0010	1011 0001
0011	1100 0010
0100	xxxx 1110
0101	xxxx 1111

اس ثنائی برنامہ میں ہدایت کے چار بلند تر ترتیبی بِٹ ''عمل'' کو ظاہر کرتے ہیں جبکہ چار کم تر ترتیبی بِٹ ''پتہ'' فراہم کرتے ہیں۔ بعض اوقات ہم چار بلند تر ترتیبی بِٹ کو **جزو ہدایت**[۲۸] اور چار کم تر ترتیبی بِٹ کو **جزو پتہ**[۲۹] کہتے ہیں۔

$$\text{ہدایت} = \underbrace{XXXX}_{\text{جزو ہدایت}}\ \underbrace{YYYY}_{\text{جزو پتہ}}$$

□

مثال ۱۲.۳: درج ذیل حساب کرنے کے لیے 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 مماثل لکھ کر درج ذیل مطلوبہ برنامہ حاصل ہوگا۔(اعشاری 16 کا سادس عشری مماثل $10H$ ہے۔)

پتہ	ہدایت
0H	نقل **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

---

[۲۸] instructionfield
[۲۹] addressfield

اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کرتے ہیں۔

پتہ	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 مقام 0000 سے پڑھی جاتی ہے، دوسری مقام 0001 سے پڑھی جاتی ہے، وغیرہ، لہٰذا برنامہ زیریں حافظہ میں اور مواد بالا میں رکھا گیا ہے۔ غیر مستعمل مقامات میں معلومات کو $xxxx$ $xxxx$ دکھایا گیا ہے۔ □

مثال ۱۲.۴: درج بالا مثال میں حاصل ثنائی برنامہ کو سادس عشری روپ میں لکھیں۔ ثنائی روپ کے بجائے ہم عموماً برنامے کا سادس عشری روپ استعمال کرتے ہیں۔

حل:

ہدایت	پتہ
$09H$	$0H$
$1AH$	$1H$
$1BH$	$2H$
$2CH$	$3H$
EXH	$4H$
FXH	$5H$
XXH	$6H$
XXH	$7H$
XXH	$8H$
$10H$	$9H$
$14H$	AH
$18H$	BH
$20H$	CH
XXH	DH
XXH	EH
XXH	FH

سادس عشری میں لکھی گئی زبان بھی مشینی زبان کہلاتی ہے۔

مشینی زبان میں منفی عدد کا اساس 2 تکملہ استعمال کیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر، $-03H$ کے بجائے FDH حافظہ میں ڈالا جائے گا۔ □

۱۲.۴ بازیابی پھیرا

کمپیوٹر کی خود کار کارکردگی کا دارومدار ''قابو مرکز'' پر ہے۔ حافظہ سے باری باری ایک ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے احکامات قابو مرکز جاری کرتا ہے۔ ہدایت اٹھانے اور اس پر عمل کرنے کے دوران کمپیوٹر مختلف **وقتیہ حال**[۳۰] (T حال) سے گزرتا ہے، جس میں دفاتر کا مواد تبدیل ہوتا ہے۔ آئیں وقتیہ حال پر غور کریں۔

چھلا گنت کار

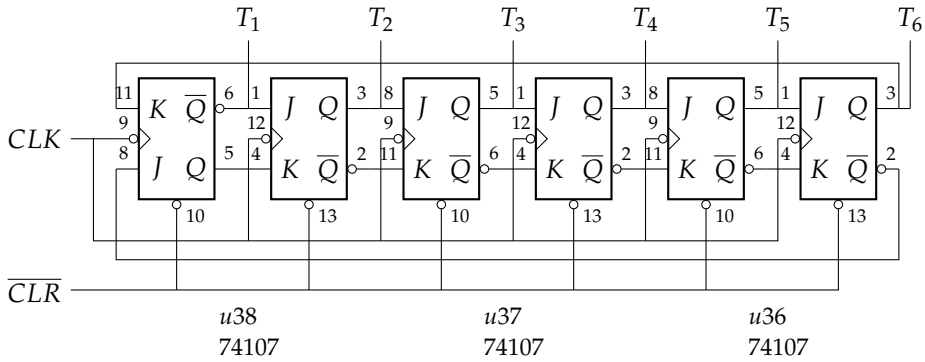
اس کمپیوٹر میں چھلا گنت کار مستعمل ہے جو شکل ۱۲.۳ میں پیش ہے۔ مخلوط دور 74107 میں دو عدد جے کے پلٹ کار پائے جاتے ہیں لہٰذا تین مخلوط دور استعمال کیے گئے۔ اس مخلوط دور میں زبردستی پست کا مداخل موجود ہے، تاہم اس میں زبردستی بلند کا مداخل موجود نہیں۔ استعمال سے پہلا ایک مرتبہ چھلا گنت کار کو ابتدائی حال میں لانا ضروری ہے جس میں صرف ایک مخارج بلند ہو۔ زبردستی پست مداخل پلٹ کے مخارج پس کرتا ہے جبکہ ہمیں ایک مخارج بلند چاہیے۔ اسی لیے بایاں ترین پلٹ باقی سے مختلف طریقے سے استعمال کیا گیا ہے۔ پست حال میں اس کا $\overline{Q}$ بلند ہو گا جو ساعت کے کنارہ اترائی پر اگلی پلٹ کو منتقل ہو گا۔

شکل ۱۲.۳-ب میں گنت کار کی خانہ دار شکل جبکہ شکل-د میں ساعت اور وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ چھلا گنت کار کا مخارج درج ذیل ہے۔

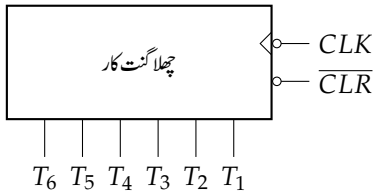
$$\mathbf{T} = T_6T_5T_4T_3T_2T_1$$

---

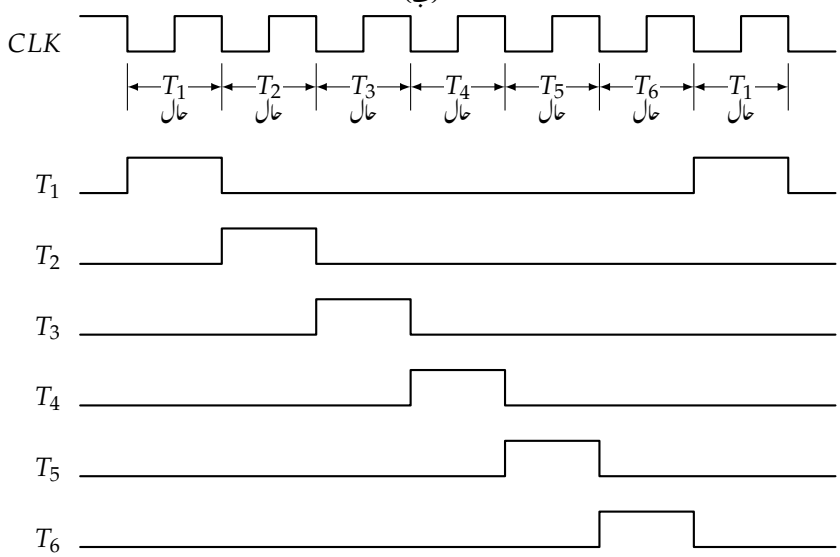
timingstates[۳۰]



(ا)



(ب)



(ج)

شکل ۱۲.۳: (ا) چھلا گنت کار، (ب) خانہ دار شکل، (ج) ساعت، اور وقتیہ ترسیمات۔

کمپیوٹر کی دوڑ کے آغاز میں چھلا لفظ درج ذیل ہو گا۔

$$\mathbf{T} = 000001$$

یکے بعد دیگرے ساعت کی دھڑکن ذیل چھلا الفاظ پیدا کرتا ہے۔

$$\mathbf{T} = 000010$$
$$\mathbf{T} = 000100$$
$$\mathbf{T} = 001000$$
$$\mathbf{T} = 010000$$
$$\mathbf{T} = 100000$$

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 ترسیمات پیش ہیں۔ ابتدائی T_1 حال کا آغاز ساعت کے پہلے کنارہ اترائی پر اور اختتام اگلے کنارہ اترائی پر ہو گا۔ اس T حال میں چھلا گنت کار کا T_1 بِٹ بلند رہے گا۔

اگلے حال میں T_2 بلند ہو گا؛ 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 چڑھائی نصف T حال گزرنے کے بعد (یعنی وسط میں) آتا ہے۔ یہ ایک اہم حقیقت ہے جس پر جلد روشنی ڈالی جائے گی۔

پتہ حال

برنامہ گنت کار سے حافظہ کو پتہ T_1 حال کے دوران منتقل ہوتا ہے، لہٰذا یہ **پتہ حال**[۳۱] کہلاتا ہے۔ شکل ۴.۱۲-الف میں کمپیوٹر کے وہ حصے گہری سیاہی سے اجاگر کیے گئے ہیں جو T_1 حال کے دوران فعال ہیں (غیر فعال حصے ہلکی سیاہی میں دکھائے گئے ہیں؛ مزید، خانہ دار ادوار کے مختصر نام لکھ گئے ہیں)۔

پتہ حال کے دوران E_P اور $\overline{L}_M$ فعال جبکہ باقی تمام بِٹ غیر فعال ہوں گے۔ یوں اس حال کے دوران قابو و ترتیب کار درج ذیل قابو لفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{قابو لفظ} &= C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE} \quad \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A \quad S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O \\ &= 0\ 1\ 0\ 1 \quad 1\ 1\ 1\ 0 \quad 0\ 0\ 1\ 1 \end{aligned}$$

بڑھوتری حال

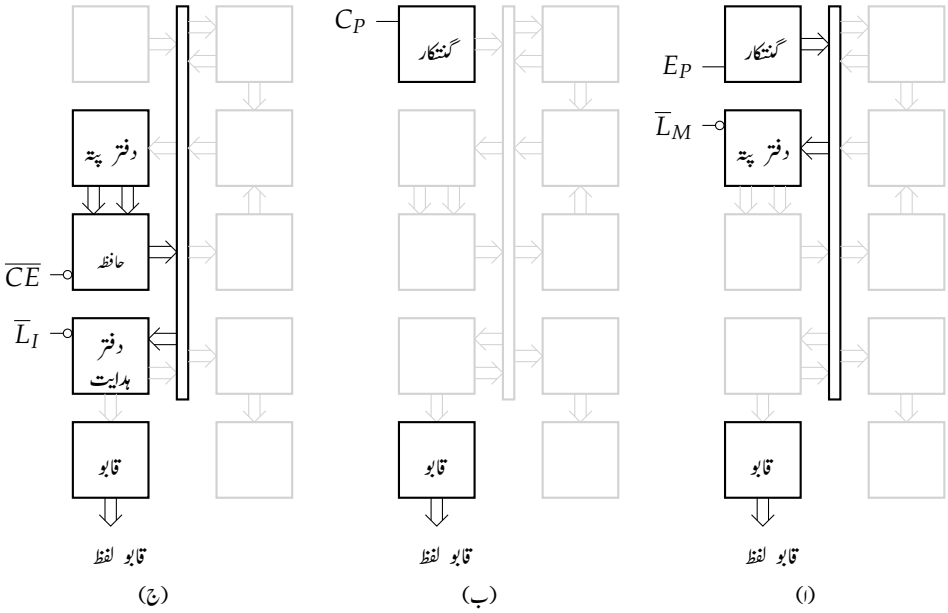
شکل ۴.۱۲-ب میں کمپیوٹر کے وہ حصے اجاگر کیے گئے ہیں جو T_2 حال کے دوران فعال ہیں۔ اس حال میں گنت کار کا شمار (گنتی) ایک قدم بڑھایا جاتا ہے لہٰذا اس کو **بڑھوتری حال**[۳۲] کہتے ہیں۔ بڑھوتری حال کے دوران قابو و ترتیب کار درج ذیل قابو لفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{قابو لفظ} &= C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE} \quad \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A \quad S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O \\ &= 1\ 0\ 1\ 1 \quad 1\ 1\ 1\ 0 \quad 0\ 0\ 1\ 1 \end{aligned}$$

جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں C_P فعال ہو گا۔

---

[۳۱] addressstate
[۳۲] incrementstate



شکل ۱۲.۴: بازیابی پھیرا:(ا) T_1 حال؛(ب) T_2 حال؛(ج) T_3 حال۔

حافظہ حال

حافظہ سے ہدایت دفتر کو T_3 حال کے دوران ہدایت منتقل کی جاتی ہے۔ یہ ہدایت فراہم کردہ پتہ کے مقام سے پڑھی جاتی ہے۔اس حال کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۴-ج میں دکھائے گئے ہیں۔اس حال میں صرف $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_I$ قابوبِٹ فعال ہوں گے۔اس حال کے دوران قابو و ترتیب کار درج ذیل قابو لفظ خارج کرتا ہے۔

$$\begin{aligned} \text{قابو لفظ} &= C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE} \quad \overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L}_A E_A \quad S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O \\ &= 0\ 0\ 1\ 0 \quad 0\ 1\ 1\ 0 \quad 0\ 0\ 1\ 1 \end{aligned}$$

بازیابی پھیرا

پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال مل کر **بازیابی پھیرا** [۳۳] دیتے ہیں۔ پتہ حال کے دوران E_P اور $\overline{L}_M$ فعال ہوں گے؛ یوں برنامہ گنت کار W گزرگاہ کے ذریعہ دفتر پتہ کو تیار کرتا ہے۔ جیسا شکل ۱۲.۳-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 قابوبِٹ فعال ہو گا۔ یہ بِٹ برنامہ گنت کار کو ساعت کے مثبت کنارہ گننے کی اجازت دیتا ہے۔ بڑھوتری حال کے وسط میں ساعت کا مثبت کنارہ آئے گا، جو برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ کرے گا۔

---

[۳۳] fetchcycle

حافظہ حال کے دوران $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_I$ فعال ہوں گے۔ یوں، حافظہ کے مقام پتہ پر موجود لفظ کی رسائی، W گزرگاہ کے ذریعہ، دفتر ہدایت تک ہو گی۔ حافظہ حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا مثبت کنارہ دفتر ہدایت میں یہ لفظ درج کرتا ہے۔

۱۲.۵ تعمیلی پھیرا

اگلے تین حال (T_4 ، T_5 ،اور T_6) کمپیوٹر کا **تعمیلی پھیرا** [۳۴] کہلاتے ہیں۔ تعمیلی پھیرا کے دوران دفاتر میں معلومات کا انتقال اس ہدایت پر منحصر ہے جس کی تعمیل کی جا رہی ہو۔ مثلاً، ''نقل **9H**'' کی تعمیل کے دوران دفاتر میں معلومات کا انتقال ''جمع **BH**'' کی تعمیل کے دوران دفاتر میں معلومات کے انتقال سے مختلف ہو گا۔ آئیں اب مختلف ہدایات کی تعمیل کے لیے ''قابو طریقہ کار'' پر غور کریں۔

معمولہ نقل

اس گفتگو کو آگے بڑھانے کے لیے فرض کریں دفتر ہدایت میں نقل **9H** بھرا گیا ہے۔

$$\text{دفتر ہدایت} = 0000\ 1001$$

جزو ہدایت 0000 قابو و ترتیب کار کو T_4 حال کے دوران جاتا ہے، جہاں اس کی رمز کشائی ہو گی؛ جزو پتہ 1001 دفتر پتہ میں ڈالا جاتا ہے۔ شکل ۱۲.۵-الف میں T_4 حال کے دوران فعال حصے اجاگر کیے گئے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، $\overline{E}_I$ اور $\overline{L}_M$ فعال ہیں، جبکہ باقی تمام قابو بِٹ غیر فعال ہیں۔

دوران T_5 حال، $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_A$ پست ہوں گے۔ یوں ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر حافظہ کے مقام پتہ سے مواد کا لفظ دفتر الف میں نقل ہو گا (شکل ۱۲.۵-ب دیکھیں)۔

T_6 **فارغ حال** [۳۵] ہے۔ اس (تیسرے تعمیلی) حال کے دوران تمام دفاتر غیر فعال ہیں (شکل ۱۲.۵-ج دیکھیں)۔ یوں قابو و ترتیب کار ایسا قابو لفظ خارج کرتا ہے جس کے تمام بِٹ غیر فعال ہوں گے۔ فارغ حال (بلا عمل حال) میں کام سرانجام نہیں ہو گا۔

شکل ۱۲.۶ میں بازیابی اور نقل معمولہ کی وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ T_1 حال کے دوران E_P اور $\overline{L}_M$ فعال ہیں؛ اس حال کے وسط میں ساعت کا آنے والا کنارہ چڑھائی، دفتر پتہ میں برنامہ گنت کار سے پتہ منتقل کرتا ہے۔ T_2 حال کے دوران C_P فعال ہے لہٰذا ساعت کے کنارہ چڑھائی پر برنامہ گنت کار کی گنتی میں 1 کا اضافہ ہو گا۔ T_3 حال کے دوران $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_I$ فعال ہیں؛ ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دفتر ہدایت میں، پتہ کی نشاندہی پر حافظہ کے مطلوبہ (نشان زد) مقام سے، لفظ بھرا جائے گا۔ ''نقل '' کی ہدایت پر عمل درآمد T_4 حال سے شروع ہو گی، جہاں $\overline{L}_M$ اور $\overline{E}_I$ فعال ہیں؛ دفتر ہدایت میں موجود جزو پتہ، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر، دفتر پتہ میں منتقل ہو گا۔ T_5 حال کے دوران $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_A$ فعال ہیں؛ دفتر الف میں، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر، حافظہ کے مطلوبہ مقام سے مواد کا لفظ بھرا جائے گا۔ ''نقل '' ہدایت میں T_6 حال کچھ نہیں کرتا۔ ہم کہتے ہیں یہ فارغ حال ہے۔

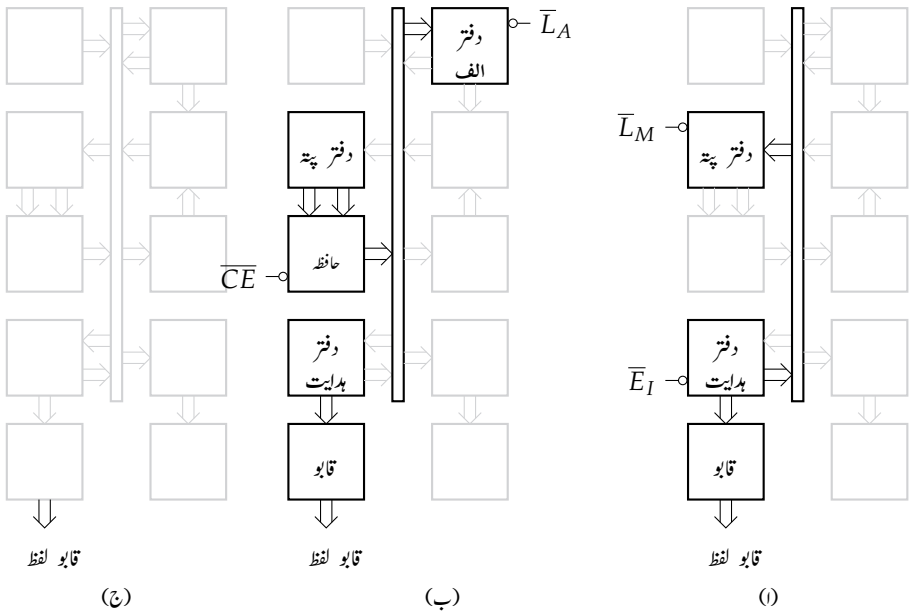
معمولہ جمع

فرض کریں بازیابی پھیرا کے اختتام پر دفتر ہدایت میں ''جمع **BH**'' پایا جاتا ہے۔

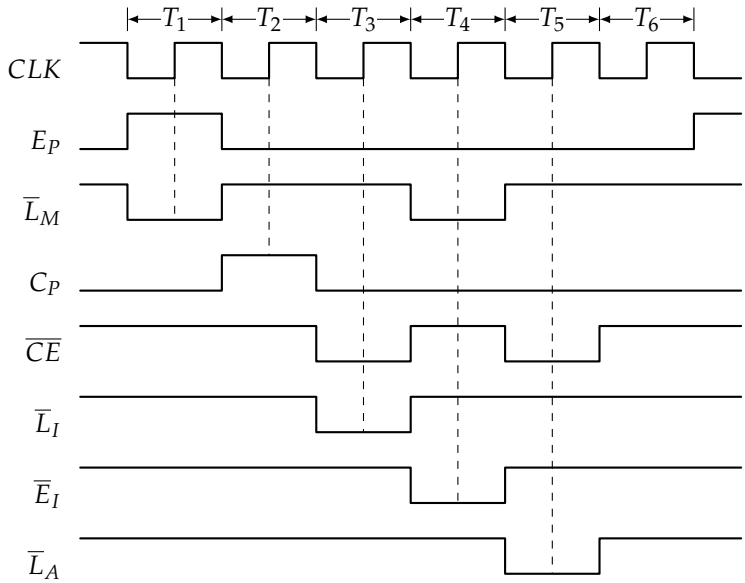
$$\text{دفتر ہدایت}\ 0001\ 1011$$

---

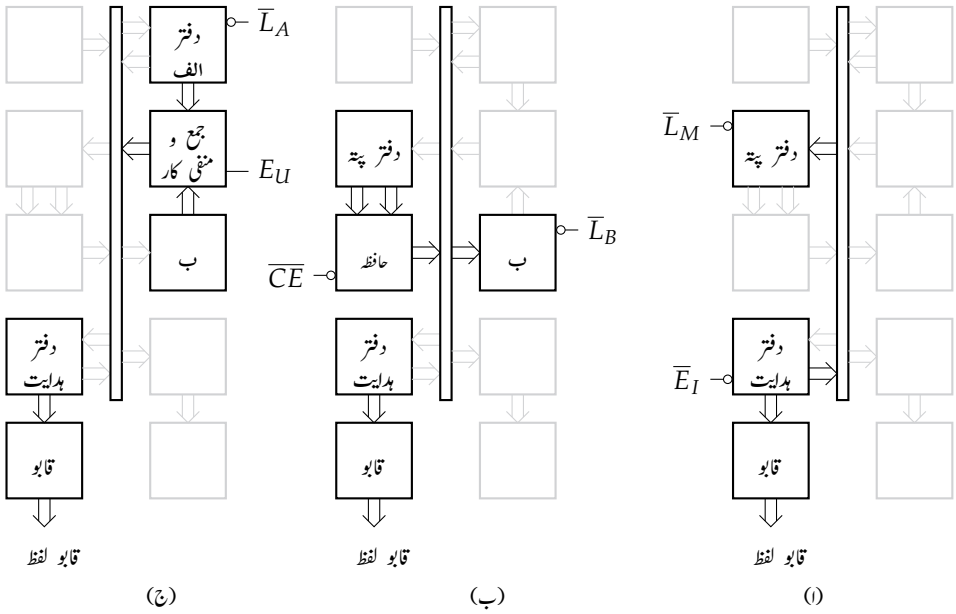
[۳۴] executioncycle
[۳۵] nop,nooperation



شکل ۱۲.۵: معمولہ نقل :(ا) T_4 حال؛(ب) T_5 حال؛(ج) T_6 حال۔



شکل ۱۲.۶: بازیابی اور نقل کی وقتیہ ترسیمات۔



شکل ۱۲.۷: معمولہ جمع ومنفی ؛(ا) T_4 حال؛(ب) T_5 حال؛(ج) T_6 حال۔

دوران T_4 حال قابو و ترتیب کار کو جزو ہدایت اور دفتر پتہ کو جزو پتہ جائے گا (شکل ۱۲.۷-الف دیکھیں)۔ اس حال کے دوران $\overline{E}_I$ اور $\overline{L}_M$ فعال ہوں گے۔

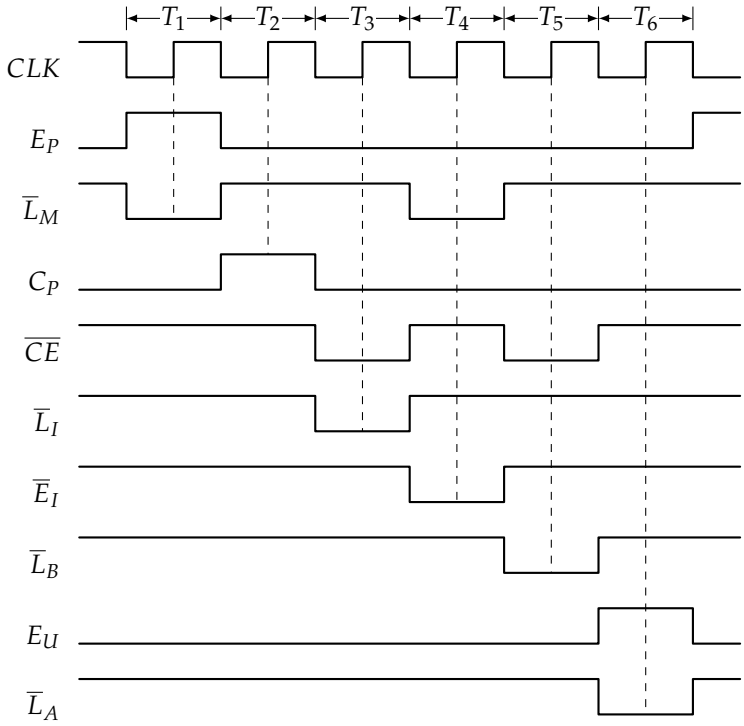
T_5 حال کے دوران قابو بِٹ $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_B$ فعال ہوں گے۔ یوں پتہ کی نشاندہی کے مقام پر لفظ حافظہ سے دفتر ب میں لکھا جا سکتا ہے (شکل ۱۲.۷-ب)۔ ہمیشہ کی طرح، اس حال کے وسط میں آنے والے ساعت کے کنارہ چڑھائی پر مواد دفتر ب میں منتقل ہو گا۔

T_6 حال کے دوران، E_U اور $\overline{L}_A$ فعال ہوں گے؛ لہٰذا دفتر الف تک جمع و منفی کار کا مخارج پہنچے گا (شکل ۱۲.۷-ج)۔ اس حال کے وسط میں جمع و منفی کار کا مخارج دفتر الف منتقل ہو گا۔

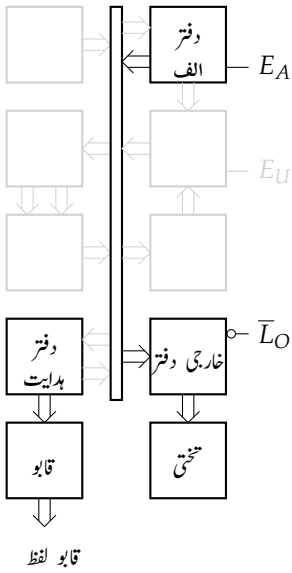
اتفاق سے، دورانیہ تیاری اور دورانیہ رد عمل کی بدولت دفتر الف حالت دوڑ سے دوچار نہیں ہوتا۔ شکل 10.6c میں ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کا مواد تبدیل ہو گا، جس کی وجہ سے جمع و منفی کار کا مخارج تبدیل ہو گا۔ یہ نیا مواد دفتر الف کے مداخل تک پہنچتا ہے، تاہم یہ مواد ساعت کے کنارہ چڑھائی کے دو تاخیر بعد یہاں پہنچے گا (پہلی تاخیر دفتر الف اور دوسری تاخیر جمع و منفی کار کی بدولت ہو گی)۔ اس وقت تک دفتر الف میں مواد لکھنے کا لمحہ گزر چکا ہو گا۔ یوں دفتر الف حالت دوڑ (جس میں ساعت کے ایک ہی کنارے پر ایک سے زیادہ مرتبہ مواد بھرا جاتا ہو) سے دوچار نہیں ہو گا۔

شکل ۱۲.۸ میں بازیابی اور ''معمولہ جمع'' کی وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ معمولہ 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، $\overline{E}_I$ اور $\overline{L}_M$ فعال ہوں گے؛ ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر، دفتر پتہ کو دفتر ہدایت سے جزو پتہ منتقل ہو گا۔ T_5 حال کے دوران، $\overline{CE}$ اور $\overline{L}_B$ فعال ہوں گے؛ لہٰذا ساعت کے کنارہ چڑھائی پر دفتر ب میں پتہ کی نشاندہی پر حافظہ سے لفظ منتقل ہو گا۔ T_6 حال کے دوران، E_U



شکل ۱۲.۸: بازیابی اور جمع وقتیہ ترسیمات۔



شکل ۱۲.۹: برآمد ہدایت کے دوران T_4 حال۔

اور $\overline{L}_A$ فعال ہوں گے؛ دفتر الف میں، ساعت کے کنارہ چڑھائی پر، جمع و منفی کار کا حاصل نتیجہ منتقل ہو گا۔

معمولہ منفی

معمولہ منفی اور معمولہ جمع ملتے جلتے ہیں۔ شکل ۱۲.۷-الف اور ب میں معمولہ منفی کے لیے 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۔

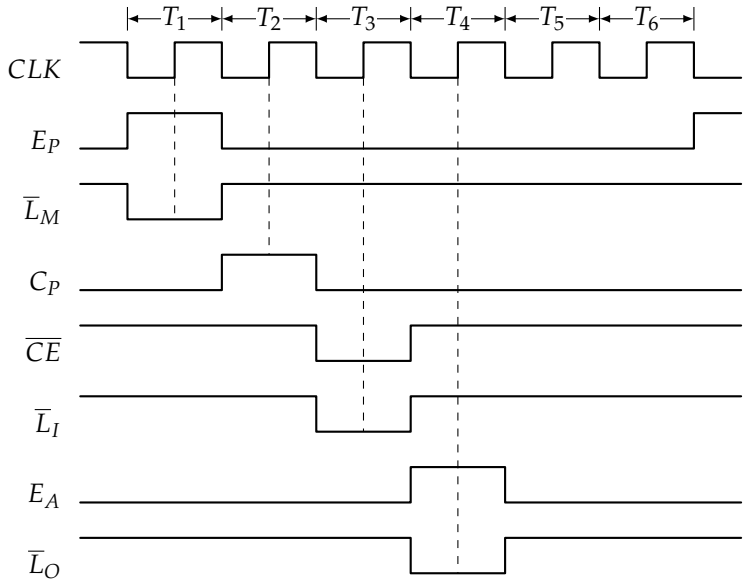
معمولہ برآمد

فرض کریں بازیابی پھیرا کے آخر میں دفتر ہدایت میں برآمد کی ہدایت موجود ہو۔ یوں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{دفتر ہدایت} = 1110\,xxxx$$

قابو و ترتیب کار کو رمز کشائی کے لیے جزو ہدایت بھیجا جاتا ہے۔ رمز کشائی کے بعد قابو و ترتیب کار خارجی دفتر میں دفتر الف کا مواد منتقل کرنے کے لیے قابو لفظ جاری کرتا ہے۔

برآمد کی ہدایت کے دوران فعال حصے شکل ۱۲.۹ میں پیش ہیں۔ چونکہ E_A اور $\overline{L}_O$ فعال ہیں، لہٰذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کی معلومات خارجی دفتر میں، T_4 حال کے دوران، منتقل ہو گی۔ T_5 اور T_6 حال فارغ ہیں۔



شکل ۱۲.۱۰: بازیابی اور برآمد وقتیہ ترسیمات۔

شکل ۱۲.۱۰ میں بازیابی اور برآمد وقتیہ ترسیمات پیش ہیں۔ بازیابی حال ہمیشہ کی طرح پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال پر مشتمل ہو گا۔ T_4 حال کے دوران، E_A اور $\overline{L}_O$ فعال ہوں گے؛ لہٰذا ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کی معلومات خارجی دفتر کو منتقل ہو گی۔

رک

رک کی ہدایت پر عمل درآمد کے دوران کسی دفتر کی ضرورت پیش نہیں آتی، لہٰذا اس کے لیے معمولہ قابو درکار نہیں ہو گا۔ جب دفتر ہدایت میں درج ذیل موجود ہو

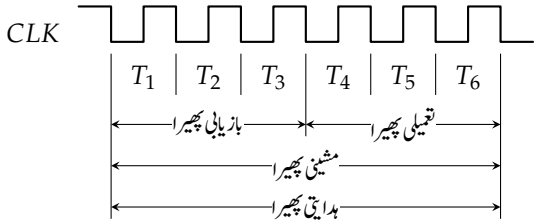
$$\text{دفتر ہدایت} = 1111\,xxxx$$

جزو ہدایت 1111 قابو ترتیب کار کو مواد پر عمل نہ کرنے کا اشارہ کرتا ہے۔ قابو ترتیب کار ساعت (جس کے دور پر کچھ دیر میں غور کیا جائے گا) روک کر کمپیوٹر کو مزید کام کرنے سے روک لیتا ہے۔

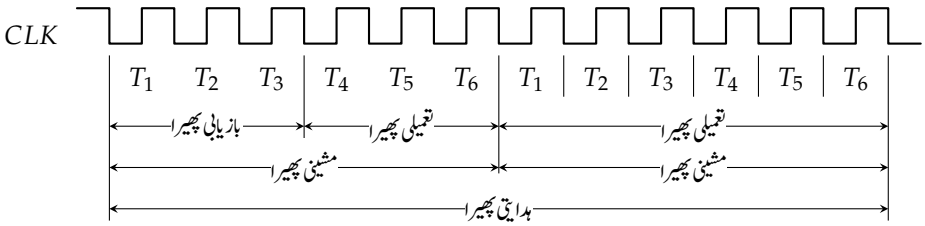
مشینی پھیرا اور ہدایتی پھیرا

کمپیوٹر الف کے چھ T حال ہیں، جن میں سے تین بازیابی اور تین تعمیلی ہیں۔ ان چھ حال کو **مشینی پھیرا**[۳۶] کہتے ہیں (شکل ۱۲.۱۱-الف دیکھیں)۔ ایک مشینی پھیرے میں ایک ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کی جاتی ہے۔ کمپیوٹر الف کی ساعت کا تعدد 1 kHz ہے، لہٰذا اس کا دوری عرصہ 1 ms ہو گا۔ یوں ہر مشینی

[۳۶] machinecycle



(ا)



(ب)

شکل ۱۱.۱۲: (ا) ہدایتی پھیرا؛ (ب) دو مشینی پھیروں پر مبنی ہدایتی پھیرا۔

پھیرا 6 ms لیگا۔

کئی کمپیوٹر میں ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کرنا ایک سے زائد مشینی پھیروں میں ممکن ہو گا۔ شکل ۱۱.۱۲-ب میں دو مشینی پھیروں کی ہدایت کا وقتیہ ترسیم پیش ہے۔ اولین تین T حال بازیابی پھیرا دیتے ہیں، تاہم تعمیلی پھیرے کو اگلے نو T حال درکار ہیں۔ دو مشینی پھیرے کی ہدایت زیادہ پیچیدہ ہو گی جس کی تعمیل کے لیے اضافی T حال درکار ہوں گے۔

ایک ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کے لیے درکار T حال کو **ہدایتی پھیرا**[۳۷] کہتے ہیں۔ کمپیوٹر الف میں ہدایتی پھیرا اور مشینی پھیرا ایک برابر ہیں، جبکہ شکل ۱۱.۱۲-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۔

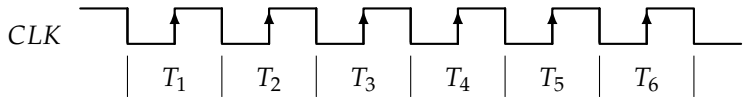
مثال ۱۲.۵: 8080/8085 کا معلوماتی کتابچہ کہتا ہے "نقل" کی ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کے لیے تیرہ T حال درکار ہوں گے۔ اگر کمپیوٹر کی ساعت کا تعدد 2.5 MHz ہو، اس ہدایت کو کتنا وقت درکار ہو گا؟

حل: ساعت کا دوری عرصہ درج ذیل ہو گا۔

$$T = \frac{1}{2.5\,\text{MHz}} = 400\,\text{ns}$$

---

[۳۷] instructioncycle



شکل ۱۲.۱۲: ساعت کا کنارہ چڑھائی T حال کے وسط میں پایا جاتا ہے۔

چونکہ ہر ایک T حال کو 400 ns درکار ہیں اور ''نقل '' کی ہدایت کی بازیابی اور تعمیل تیرہ T حال میں ممکن ہے لہٰذا اس ہدایت کو درج ذیل وقت درکار ہوگا۔

$$13 \times 400\,\text{ns} = 5.2\,\mu\text{s}$$

□

مثال ۱۲.۶: شکل ۱۲.۱۲ میں کمپیوٹر الف کے چھ T حال دکھائے گئے ہیں۔ ساعت کا (تیر دار) کنارہ چڑھائی 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 لیے ساعت کا کنارہ چڑھائی 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 ''مجاز'' 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 لیے ضروری ہے کہ اعبوری حال کے اختتام کا انتظار کیا جائے۔ □

۱۲.۶ خرد 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** [۳۸] کہتے ہیں، یکجا کریں۔

خرد ہدایات

ہر ایک T حال کے دوران قابو و ترتیب کار ایک قابو 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 لہٰذا یہ **خرد ہدایت** [۳۹] کہلاتا ہے۔ شکل ۱۲.۱ کو دیکھتے ہوئے قابو و ترتیب کار سے باقی ادوار کو مسلسل خرد ہدایات جاری ہونا ہم تصور کر سکتے ہیں۔

---

[۳۸] microprogram
[۳۹] microinstruction

جدول ۱۲.۳: نقل ہدایت تین خرد ہدایات پر مشتمل ہے۔

فعال	$C_P E_P \overline{L}_M \overline{CE}$	$\overline{L}_I \overline{E}_I \overline{L} A E_A$	$S_U E_U \overline{L}_B \overline{L}_O$	حال	کلاں
$\overline{L}_M, \overline{E}_I$	0 0 0 1	1 0 1 0	0 0 1 1	T_4	نقل
$\overline{CE}, \overline{L}_A$	0 0 1 0	1 1 0 0	0 0 1 1	T_5	
کوئی نہیں	0 0 1 1	1 1 1 0	0 0 1 1	T_6	

جدول ۱۲.۴: نقل ہدایت کی سادس عشری خرد ہدایات۔

فعال	قابو لفظ	حال	کلاں
$\overline{L}_M, \overline{E}_I$	$1A3H$	T_4	نقل
$\overline{CE}, \overline{L}_A$	$2C3H$	T_5	
کوئی نہیں	$3E3H$	T_6	

جدول ۱۲.۵: کمپیوٹر الف کا خرد برنامہ

فعال	قابو لفظ	حال	کلاں
$\overline{L}_M, \overline{E}_I$	$1A3H$	T_4	نقل
$\overline{CE}, \overline{L}_A$	$2C3H$	T_5	
کوئی نہیں	$3E3H$	T_6	
$\overline{L}_M, \overline{E}_I$	$1A3H$	T_4	جمع
$\overline{CE}, \overline{L}_B$	$2E1H$	T_5	
$\overline{L}_A, E_U$	$3C7H$	T_6	
$\overline{L}_M, \overline{E}_I$	$1A3H$	T_4	منفی
$\overline{CE}, \overline{L}_B$	$2E1H$	T_5	
$\overline{L}_A, S_U, E_U$	$3CFH$	T_6	
$E_A, \overline{L}_O$	$3F2H$	T_4	برآمد
کوئی نہیں	$3E3H$	T_5	
کوئی نہیں	$3E3H$	T_6	

کلاں ہدایات

برنامے کی ہدایات (نقل ،جمع ،منفی ،وغیرہ) کو بعض اوقات **کلاں ہدایات**[۴۰] کہتے ہیں تاکہ ان میں اور خرد ہدایات میں تمیز ہو۔ کمپیوٹر الف کی ہر ایک کلاں ہدایت تین خرد ہدایات پر مشتمل ہے۔ مثلاً، نقل کی کلاں ہدایت جدول ۱۲.۳ میں پیش تین خرد ہدایات پر مشتمل ہے۔ آسان بنانے کی غرض سے ہم خرد ہدایات کو سادس عشری میں لکھتے ہیں (جدول ۱۲.۴ دیکھیں)۔

جدول ۱۲.۵ میں کمپیوٹر الف کا خرد برنامہ پیش ہے، جس میں ہر کلاں ہدایت اور اس کی تعمیل کے لیے درکار خرد ہدایات دیے گئے ہیں۔ یہ جدول کمپیوٹر الف کے معمولہ تعمیل کا خلاصہ ہے۔ زیادہ جدید ہدایات کے لیے بھی ایسا جدول لکھا جا سکتا ہے۔

[۴۰] macroinstructions

۱۲.۷ کمپیوٹر الف کا نقشہ

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 جے کے پلٹ کار ہے، جو پتہ کے زیریں دو بِٹ A_0 اور A_1 دیتا ہے۔ $u2$ دوسرا $74LS107$ ہے جو پتہ کے بالا بِٹ A_2 اور A_3 دیتا ہے۔ $u3$ $(74LS126)$ سہ حال چوسٹکم کار ہے جو برنامہ گنت کار کے بِٹ A_0 تا A_3 کو W گزرگاہ 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 گزرگاہ 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 چڑھائی 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 پنیا 12 کو $\overline{CLK}$ کا اشارہ فراہم کیا گیا ہے جو درحقیقت شکل ۱۲.۱۷ میں $u27$ کے پنیا 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 جوڑ ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں شکل ۱۲.۱۳ میں $u1$ کے پنیا 12 اور شکل ۱۲.۱۷ میں $u27$ کے پنیا 6 کو ایک نام $(\overline{CLK})$ دے کر انہیں آپس میں جڑا ظاہر کیا گیا ہے۔

دفتر پتہ

مخلوط دور $u4$ $(74LS173)$ چار بِٹ سہ حال مستحکم کار ہے، جو بطور ''دفتر پتہ'' کردار ادا کرتا ہے۔ دھیان رہے، پنیا 1 اور 2 برقی زمین سے جڑے ہیں، جس کی بدولت $u4$ سہ حال کے بجائے دو حال ہوگا۔ دوسرے لفظوں میں، چونکہ یہ گزرگاہ سے نہیں جڑا لہٰذا اس کی سہ حال صلاحیت درکار نہیں۔

دو تا ایک داخلی منتخب کار

مخلوط دور $u5$ $(74LS157)$ 2 تا 1 ریزہ ''داخلی منتخب کار'' ہے۔ بایاں ریزہ (پنیے 2 ، 5 ، 11 ، اور 14) پتہ چوسوئچ S_1 سے آتا ہے جو AA_0 تا AA_3 بِٹ دستی مہیا کرتا ہے۔ S_1 درحقیقت چار سوئچوں کو ظاہر کرتا ہے جن کے بازو انفرادی کھڑے یا بٹھائے جا سکتا ہے۔ (یاد رہے $74LSxxxx$ سلسلہ کے مخلوط ادوار کا داخلی پنیا برقی زمین سے جوڑ کر پنیے پر 0 فراہم ہوگا، جبکہ آزاد (منقطع) پنیے پر 1 ہوگا۔) S_1 کا بازو بٹھانے سے $u5$ کے مطابقتی پنیا کو 0 جبکہ کھڑا کرنے سے 1 مہیا کیا جاتا ہے۔ دایاں ریزہ (پنیے 13 ، 10 ، 6 ، اور 3) دفتر پتہ $(u4)$ سے آتا ہے۔ داخلی منتخب کار $u5$ کے مخارج تک پہنچنے والے ریزے کا فیصلہ سوئچ S_{2a} کرتا ہے۔ جب S_{2a} ''برنامہ لکھ'' بیٹھک پر ہو (جو $u5$ کا پنیا 1 پست کرے گا) تب S_1 کا دستی پتہ $u5$ کے مخارج $(a_3a_2a_1a_0)$ منتقل ہوگا، اور جب S_{2a} ''دوڑ'' بیٹھک پر ہو (یعنی جب پنیا 1 بلند) ہو تب دفتر پتہ $u4$ کا مواد (پتہ) $u5$ کے مخارج منتقل ہوگا۔ دھیان رہے، S_{2a} کی ''دوڑ'' بیٹھک پر کوئی برقی تار نصب نہیں، لہٰذا یہ نقطہ کہیں نہیں جڑا۔ سوئچ 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 بٹھانا ممکن نہیں۔

16×8 عارضی حافظہ

$u6$ اور $u7$ مخلوط دور $74LS219$ ہیں۔ $74LS219$ مخلوط دور 16×4 عارضی حافظہ ہے۔ $u6$ اور $u7$ مل کر 16×8 ''عارضی حافظہ'' دیتے ہیں۔ سوئچ S_3 (جو آٹھ سوئچوں کو ظاہر کرتا ہے) آٹھ بِٹ مواد (D_0 تا D_7) فراہم کرتا ہے۔ اس کے آٹھ بازوؤں کو انفرادی کھڑا یا بٹھایا جا سکتا ہے۔ داب بتام S_4 (جو آزاد حالت میں ''پڑھ'' بیٹھک پر ہو گا) پڑھ/$\overline{\text{لکھ}}$ اشارہ فراہم کرتا ہے۔ حافظہ کی برنامہ نویسی S_{2b} (اور S_{2a}) ''برنامہ لکھ'' پر رکھ کر ہو گی۔ S_{2b} کو ''برنامہ لکھ'' بیٹھک پر بٹھا کر، نیا 2 پست کر کے، درست دستی پتہ بِٹ (AA_0 تا AA_3) اور دستی مواد بِٹ (D_0 تا D_3) رکھ کر S_4 ایک لمحے کے لیے دبا کر $\overline{\text{لکھ}}$ (پنیا 3) لمحاتی پست کرتے ہوئے حافظہ میں مطلوبہ پتے $(a_3a_2a_1a_0)$ 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 فراہم ہو گا۔

حافظہ میں برنامہ اور مواد لکھنے کے بعد S_2 کو ''دوڑ بیٹھک'' پر رکھ کر کمپیوٹر کو چلنے کے لیے تیار کیا جاتا ہے۔

دفتر ہدایت

$u8$ اور $u9$ مخلوط دور $74LS173$ ہیں۔ ایک مخلوط دور میں سہ حال 4 بِٹ مستحکم کار دفاتر پائے جاتے ہیں۔ یہ دو مخلوط ادوار مل کر 8 بِٹ ''دفتر ہدایت'' دیتے ہیں۔ $u8$ کے 1 اور 2 پنیے زمین سے جوڑ کر مخلوط دور کا مخارج $I_7I_6I_5I_4$ دو حال بنایا گیا ہے۔ یہ ریزہ قابو و ترتیب کار کے ''ہدایت رمز کشا'' کو جاتا ہے۔ دفتر ہدایت کے زیریں ریزہ کو، جو $u9$ کا مخارج ہے، $\overline{E}_I$ اشارہ قابو کرتا ہے۔ پست $\overline{E}_I$ 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 پنیے زمین سے جوڑ کر مخارج دو حال بنایا گیا ہے۔ دو حال مخارج جمع و منفی کار کو فراہم کیا گیا ہے۔ $u12$ اور $u13$ مخلوط دور ($74LS126$) سہ حال سوئچ ہیں جو بلند E_A کی صورت میں دفتر الف کا مخارج W گزرگاہ پر ڈالتے ہیں۔

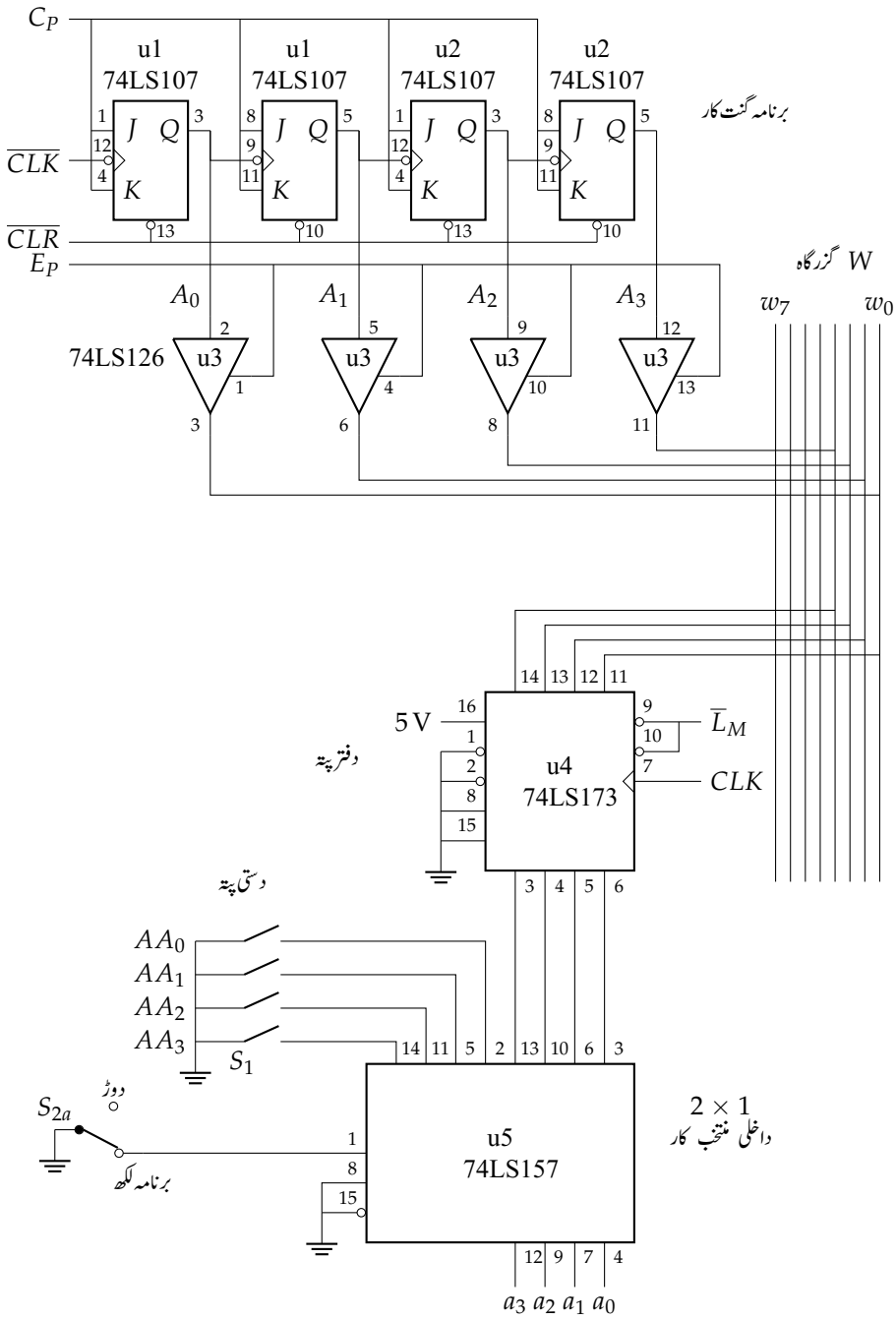
جمع و منفی کار

$u18$ اور $u19$ مخلوط دور $74LS86$ ہیں۔ یہ بلا شرکت جمع گیٹ بطور قابو کردہ متمم کار کا کردار 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 خارج ہو گا اور ساتھ ہی کمتر ترتیبی بِٹ کے ساتھ 1 جمع ہو کر تکملہ 2 دے گا۔

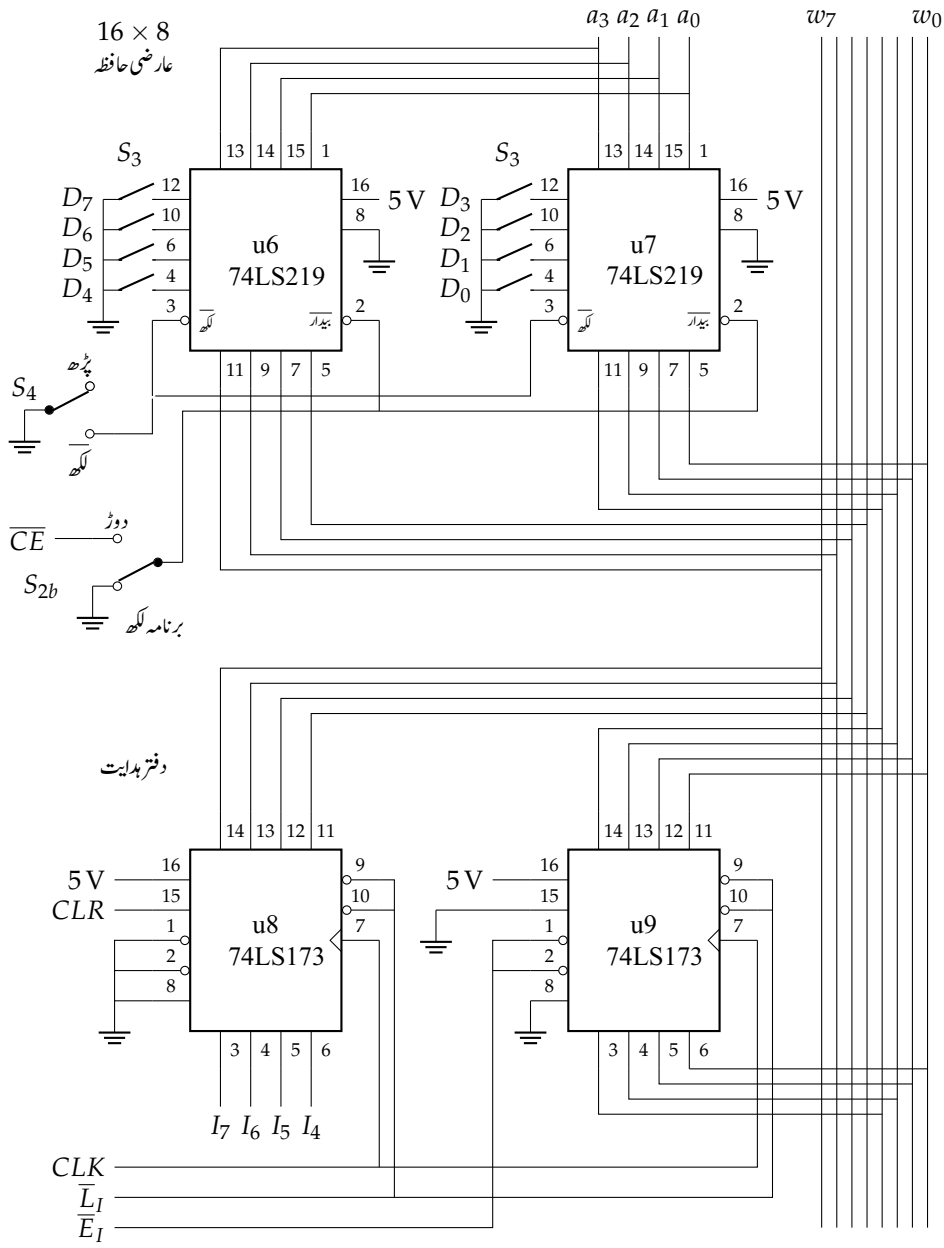
$u16$ اور $u17$ مخلوط دور $74LS83$ ہیں، جو 4 بِٹ مکمل جمع کار ہے۔ دونوں کو جوڑ کر 8 بِٹ ''مکمل جمع و منفی کار'' حاصل کیا گیا ہے۔ $u20$ اور $u21$ ، جو $74LS126$ ہیں، 8 بِٹ نتیجہ کو سہ حال بنا کر W گزرگاہ پر ڈالتے ہیں۔

دفتر ب اور خارجی دفتر

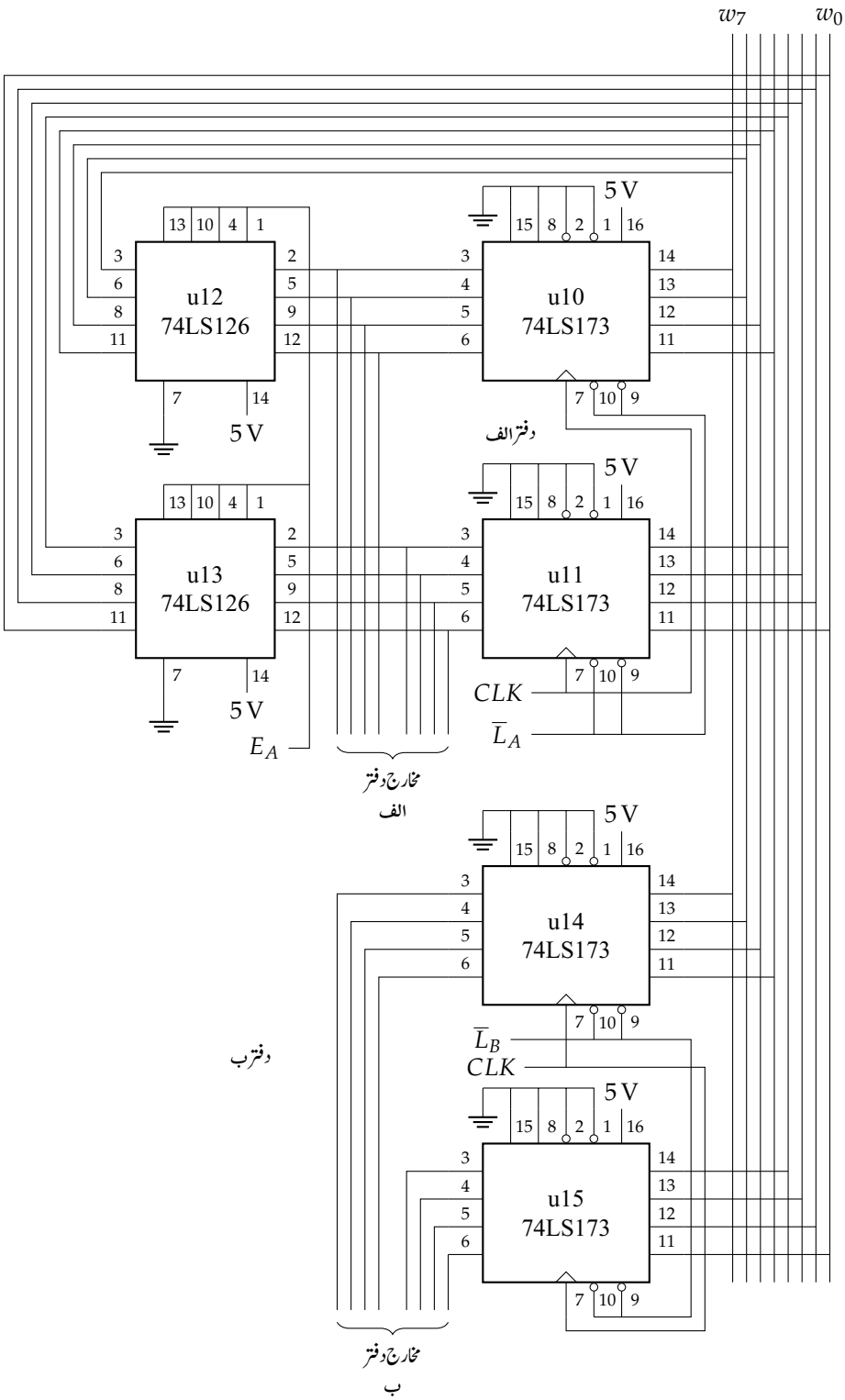
$u14$ اور $u15$ ، جو $74LS173$ ہیں، مل کر ''دفتر ب'' دیتے ہیں۔ دونوں کے پنیا 1 اور 2 زمین سے جوڑ کر مخارج دو حال بنایا گیا ہے۔ دفتر الف کے مواد کے ساتھ دفتر ب کا مواد جمع کیا جاتا ہے یا اس سے دفتر ب کا مواد منفی کیا جاتا ہے۔



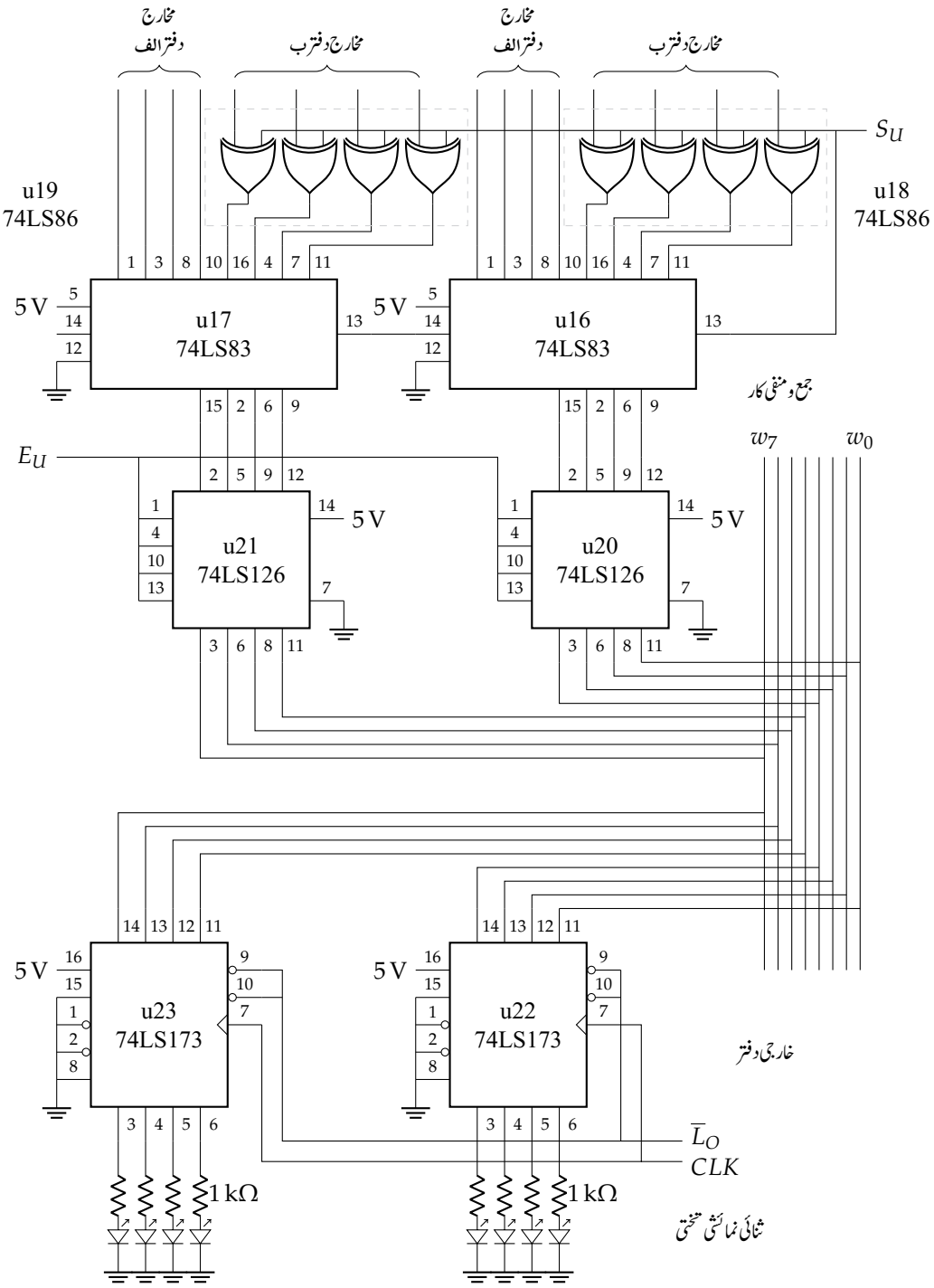
شکل ۱۲.۱۳: برنامہ گنت کار



شکل ۱۴.۱۲: حافظہ اور دفتر ہدایت



شکل ۱۲.۱۵: دفتر الف اور جمع و منفی کار



شکل ۱۲.۱۶: جمع و منفی کار اور خارجی دفتر

$u22$ اور $u23$ ، جو $74LS173$ ہیں، ''خارجی دفتر'' دیتے ہیں۔ خارجی دفتر ثنائی نمائشی تختی کو چلاتا ہے۔ نمائشی تختی پر ہم نتائج دیکھ سکتے ہیں۔

بلاٹیک صاف و چل

شکل ۱۲.۱۷ میں ''بلاٹیک صاف و چل دور'' پیش ہے، جس کے دو مخارج ہیں؛ دفتر ہدایت کے لیے $\overline{CLR}$ جبکہ برنامہ گنت کار اور چھلا گنت کار کے لیے CLR اشارہ۔ $\overline{CLR}$ ساعت چالو کرنے والے پلٹ $u29$ کو بھی جاتا ہے۔ S_5 داب بتام ہے جو 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۔

سوئچ 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 ہو گا۔ شکل ۱۲.۱۷ میں S_6 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، سوئچ **بلاٹیک**[41] کر دیا گیا۔

دھیان رہے $u24$ کا آدھا حصہ ''بلاٹیک صاف و چل'' اور باقی ''بلاٹیک قدم بہ قدم'' دور میں مستعمل ہے۔ $u24$ مخلوط دور $74LS00$ کو ظاہر کرتا ہے جس میں 2 داخلی چو ضرب متمم گیٹ پائے جاتے ہیں۔

بلاٹیک قدم بہ قدم دور

یہ کمپیوٹر دو طرز میں چل سکتا ہے؛ دستی یا خود کار۔ S_6 **ایک قطب دو چال**[42] سوئچ ہے، جو ''بلند'' بیٹھک پر یا ''پست'' بیٹھک پر بیٹھا رہ سکتا ہے۔ دستی طرز میں S_6 ایک مرتبہ ''بلند'' اور ایک مرتبہ بیٹھک پر بٹھانے سے ساعت کی ایک مکمل دھڑکن پیدا ہو گی۔ ''بلند'' بیٹھک پر S_6 بلند CLK دے گا؛ ''پست بیٹھک'' پر S_6 پست CLK دے گا۔ دوسرے لفظوں میں، جیسے جیسے آپ S_6 کو ایک بیٹھک سے دوسری بیٹھک پر بٹھاتے ہیں، شکل ۱۲.۱۷ میں پیش، ''بلاٹیک قدم بہ قدم دور'' باری باری ایک ایک T حال پیدا ہو گا۔ 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 ہو گا۔

بلاٹیک دستی و خود کار

S_7 **ایک قطب دو چال** سوئچ ہے۔ جب سوئچ دستی بیٹھک پر ہو، $u26$ کا پنیا 1 بلند ہو گا اور یوں قدم بہ قدم بتام فعال ہو گا (یعنی $u24$ کے پنیا 11 پر موجود اشارہ $u26$ سے گزر کر $u25$ کے پنیا 11 پہنچ کر CLK اور $\overline{CLK}$ پیدا کرے گا)۔ جب سوئچ خود کار بیٹھک پر بیٹھا ہو، کمپیوٹر خود کار کام کریگا (یعنی $u25$ کے پنیا 11 تک ساعت پیدا کرنے والا اشارہ $u29$ کے پنیا 3 سے پہنچے گا)۔ $u25$ کے دو ضرب متمم گیٹ S_7 کو بلاٹیک بناتے ہیں۔ $u25$ کے باقی دو ضرب متمم گیٹ قدم باقدم ساعت یا خود کار ساعت میں سے ایک کو CLK اور $\overline{CLK}$ تک پہنچاتے ہیں۔

ساعت مستحکم کار

$u25$ کا پنیا 11 ''ساعت مستحکم کار'' کو جاتا ہے۔ $u27$ کے دو سلسلہ وار جڑے نفی گیٹ CLK اور ایک نفی گیٹ $\overline{CLK}$ پیدا کرتے ہیں۔ اب تک $74LSxxxx$ سلسلہ کے کم طاقتی مخلوط ادوار استعمال کیے گئے جو خارجی پنیوں پر زیادہ طاقت فراہم نہیں کر سکتے۔ $u27$ مخلوط دور $74xxxx$

---

[41] debounced
[42] spdt,single-poledouble-throw

سلسلہ سے منتخب کیا گیا جو خارجی پنیوں پر زیادہ طاقت فراہم کرتے ہوئے $74LSxxxx$ سلسلہ کے 20 برقی بوجھ چلا سکتے ہیں۔

ان نقشوں میں $74LS107$ اور $74LS173$ کی تعداد سے CLK ، $\overline{CLK}$ ، CLR ،اور $\overline{CLR}$ پر LS برقی بوجھ دریافت کیا جا سکتا ہے۔ایک LS بوجھ سے مراد $74LSxxxx$ سلسلہ مخلوط ادوار کا ایک داخلی پنیا ہے۔

$$CLK = \text{برقی بوجھ } 19$$
$$\overline{CLK} = \text{برقی بوجھ } 2$$
$$CLR = \text{برقی بوجھ } 1$$
$$\overline{CLR} = \text{برقی بوجھ } 20$$

یوں $u27$ کے خارجی اشارات CLK اور $\overline{CLK}$ اپنا بوجھ اٹھا سکتے ہیں۔اسی طرح $u25$ کے خارجی اشارے CLR اور $\overline{CLR}$ بھی اپنا بوجھ اٹھا سکتے ہیں۔

ساعت اور منبع طاقت

$u28$ مخلوط دور $NE555$ کو ظاہر 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 جاتا ہے۔یہ پلٹ اس اشارے سے 50 فی صد فعال عرصے کا 1 kHz اشارہ پیدا کرتا ہے۔

منبع طاقت کو گھریلو 220 V (50 Hz) برقی طاقت مہیا کی جاتی ہے جس کو ٹرانسفارمر گھٹاتا ہے۔ **مکمل لہر سمتی کار**[۴۳] اور 1000 μF کا **برقی گیر**[۴۴] اس سے تقریباً 20 V یک سمت رو حاصل کرتے ہیں۔ $u30$ جو $LM340T-5$ کو ظاہر کرتا ہے مستحکم 5 V دے گا۔

ہدایت رمز کشا

$u31$ کے چار نفی گیٹ ہدایتی رمز بٹ $I_7I_6I_5I_4$ کا متمم دیتے ہیں (شکل ۱۲.۱۸ دیکھیں)۔ $u32$ ، $u33$ ،اور $u34$ ہدایتی رموز سے (جدول ۱۲.۲ کے تحت) پانچ ہدایات: نقل ،جمع ،منفی ،برآمد ،اور ری حاصل کرتے ہیں۔یاد رہے،ایک وقت صرف ایک ہدایت فعال ہو گی۔($\overline{\text{ری}}$ اشارہ پست فعال جبکہ باقی بلند فعال ہیں۔)

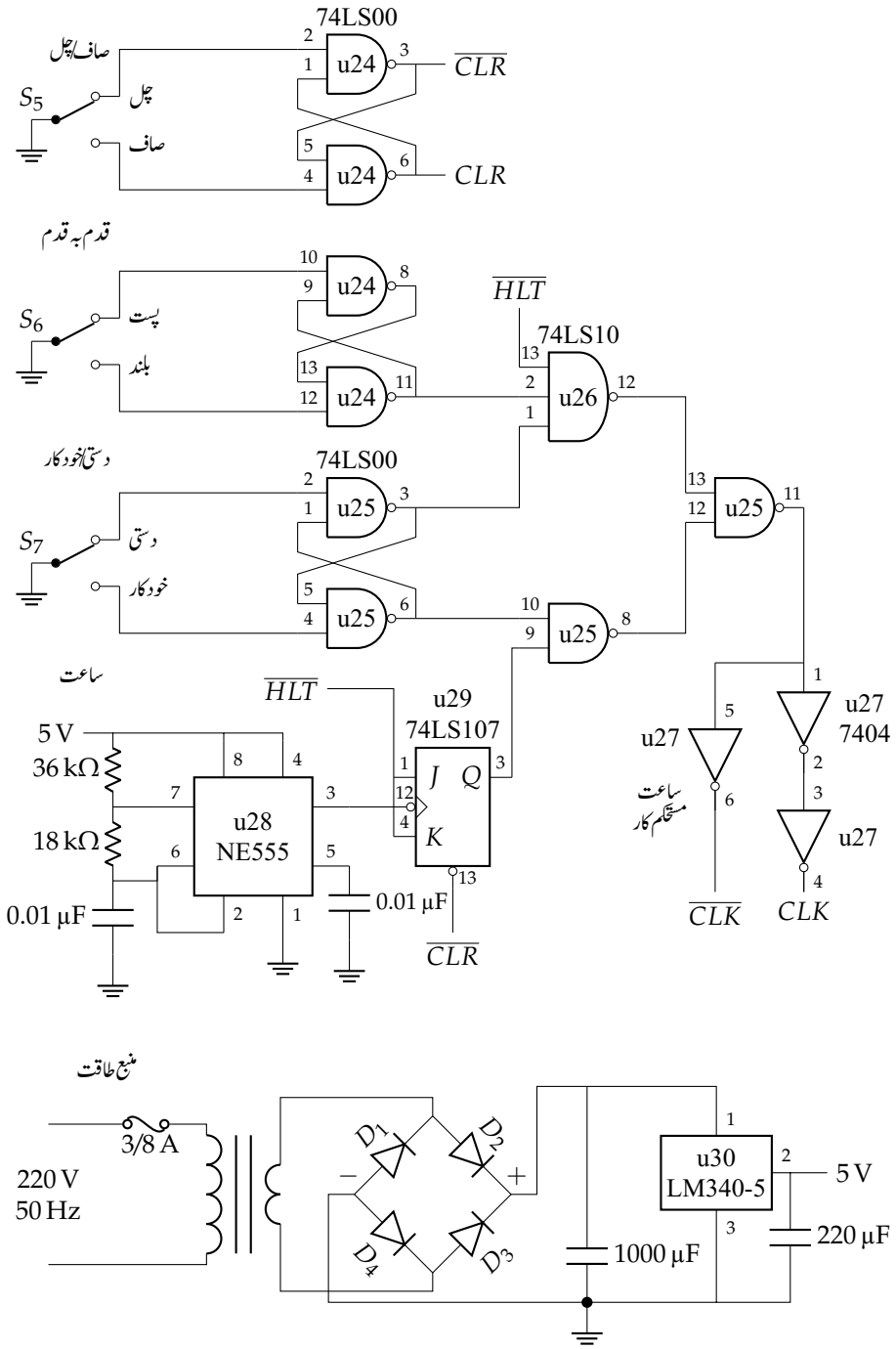
جب ''ری'' دفتر ہدایت میں ہو، $I_7I_6I_5I_4$ بٹ 1111 ہوں گے اور $\overline{\text{ری}}$ پست ہو گا۔یہ اشارہ قدم بہ قدم ساعت کے دور میں $u26$ کے پنیا 13 اور خود کار ساعت کے دور میں $u29$ کو جاتا ہے۔جب $\overline{\text{ری}}$ فعال (پست) ہو کمپیوٹر کی دستی اور خود کار ساعت رک جائیں گی لہٰذا CLK اور $\overline{CLK}$ اشارے رک جائیں گے اور کمپیوٹر کام کرنا روک دے گا۔

چھلا گنت کار

چھلا گنت کار، جس کو بعض اوقات **حال گنتے کار**[۴۵] 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 آقا غلام پلٹ پائے جاتے 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 ہو گا۔یاد رہے بائیں ترین پلٹ کے $\overline{Q}$ ($u38$ کا پنیا 6) سے T_1 حاصل کیا گیا ہے،

---

[۴۳] full-waverectifier
[۴۴] capacitor
[۴۵] statecounter



شکل ۱۲.۱۷: ساعت، منبع طاقت، اور بلاٹیک صاف و چل۔

جو $\overline{CLR}$ پست کرنے سے بلند ہو گا۔ CLK اشارہ پست فعال مداخل کو مہیا کیا گیا ہے لہٰذا T حال ساعت کے کنارہ اترائی پر تبدیل ہو گا۔ نصف ساعت بعد، جیسا ہم ذکر کر چکے، کنارہ چڑھائی دفاتر میں مواد بھرتا ہے۔

قابو قالب

ہدایت رمز کشا سے نقل ،جمع ،منفی ،اور برآمد اشارے **قابو قالب**[۴۶]، $u39$ تا $u48$ ، کو جاتے ہیں (شکل ۱۲.۱۹ دیکھیں)۔ ساتھ ہی چھلا گنت کار کے T_1 تا T_6 اشارے بھی قابو قالب کو فراہم کیے جاتے ہیں۔ (ایسا دور جس کو مختلف جگہوں سے بٹوں کے دو گروہ ملتے ہوں **قابو قالب** کہلاتا ہے۔) یہ قالب 12 بٹ خرد ہدایت کا ''قابو 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 ہو گا۔ قابو قالب پر غور کے دوران آپ درج ذیل دریافت کریں گے۔ بلند T_1 کی صورت میں بلند E_P اور پست $\overline{L}_M$ (پتہ حال) پیدا ہو گا؛ بلند T_2 کی صورت میں بلند C_P (بڑھوتری حال) پیدا ہو گا؛ اور بلند T_3 کی صورت میں پست $\overline{CE}$ اور پست $\overline{L}_I$ (حافظہ حال) پیدا ہو گا۔ یوں اس کمپیوٹر میں پہلے تین T حال لازماً بازیابی پھیرا ہوں گے۔ بازیابی پھیرا کے قابو لفظ درج ذیل ہیں۔

فعال بٹ	قابو لفظ	حال
$E_P, \overline{L}_M$	$5E3H$	T_1
C_P	$BE3H$	T_2
$\overline{CE}, \overline{L}_I$	$263H$	T_3

تعمیلی پھیرا کے دوران T_4 تا T_6 یکے بعد دیگرے بلند ہوں گے۔ ساتھ ہی رمز کشا اشاروں (نقل تا برآمد) میں سے صرف ایک بلند (فعال) ہو گا۔ ان وجوہات کی بدولت، قابو قالب فعال بٹوں کو درست قابو تاروں تک پہنچا پاتا ہے۔

مثال کے طور پر، جب ''نقل ''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 $\overline{L}_M$ اور پست $\overline{E}_I$ دیں گے (لہٰذا دفتر پتہ میں پتہ ڈالا جائے گا)۔ جب T_5 بلند ہو، چوتھا اور دسواں ضرب متمم گیٹ فعال ہوں گے، جو پست $\overline{CE}$ اور پست $\overline{L}_A$ دیں گے (لہٰذا حافظہ سے مواد دفتر الف منتقل ہو گا)۔ جب T_6 بلند ہو، تمام قابو بٹ غیر فعال ہوں گے (لہٰذا کمپیوٹر فارغ ہو گا)۔

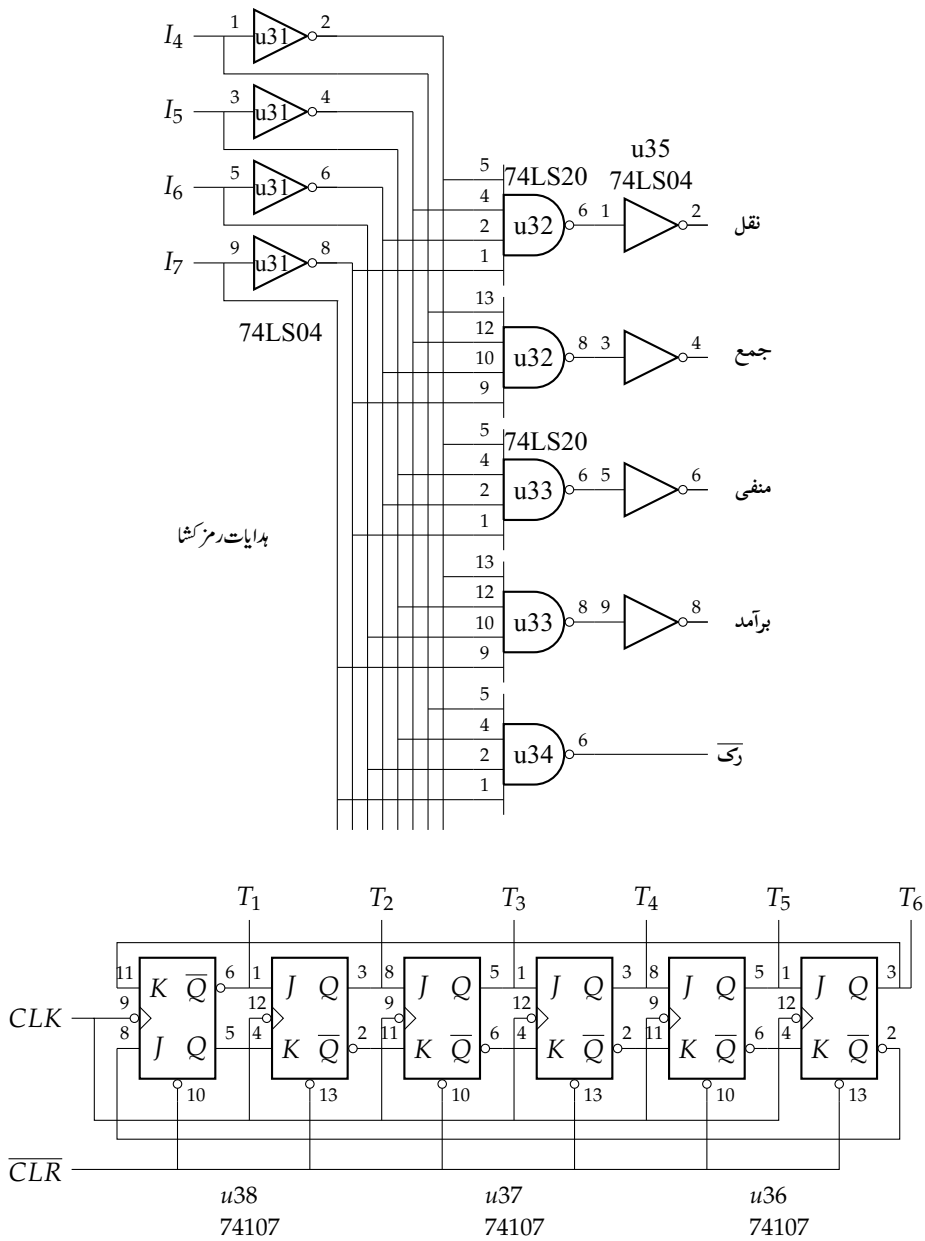
آپ سے گزارش ہے کہ باقی ہدایات کی تعمیل (بلند جمع ،بلند منفی ،اور بلند برآمد) کے دوران قابو قالب کی کارکردگی پر غور کریں تاکہ آپ دیکھ پائیں قابو قالب کیسے جدول ۱۲.۵ کی خرد ہدایات پیدا کرتا ہے۔

چلن

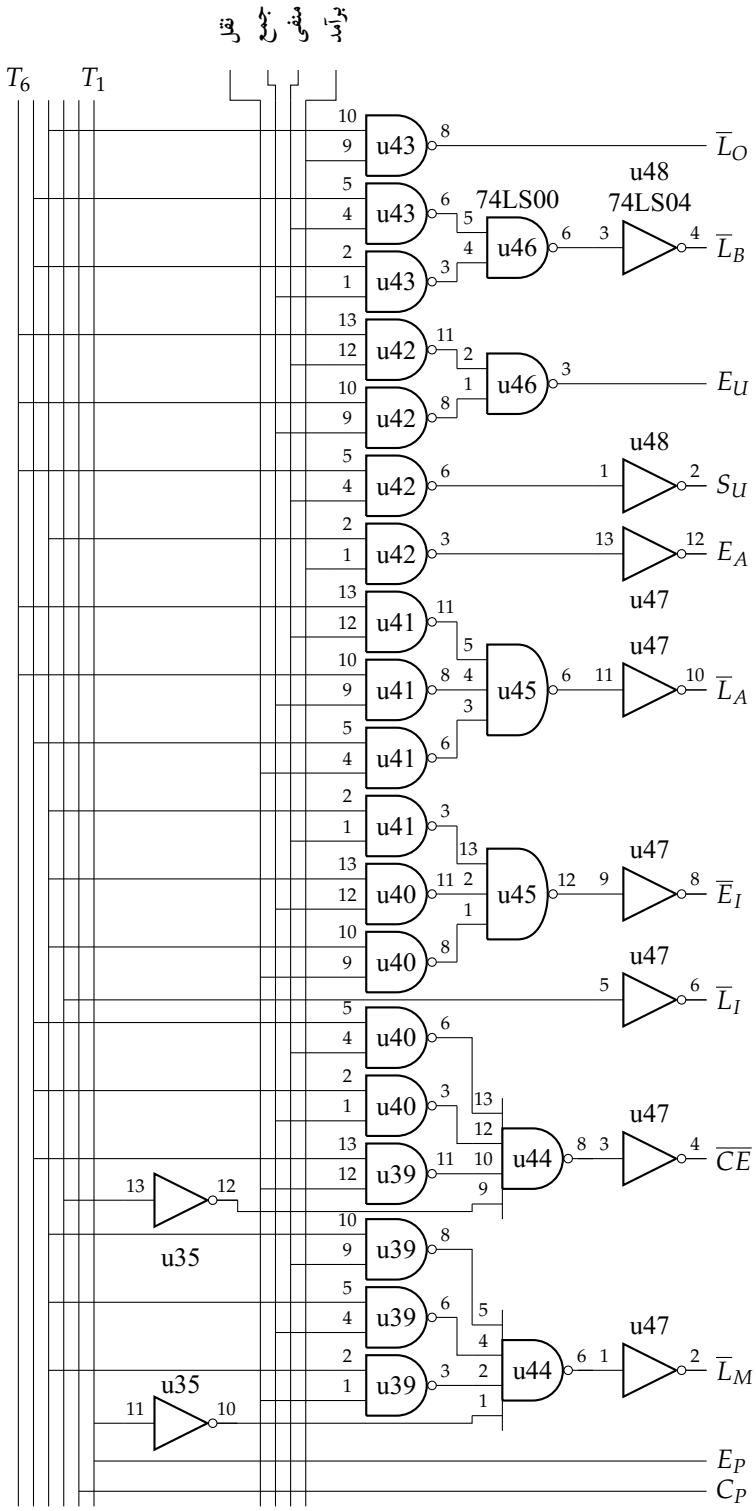
کمپیوٹر سے کوئی کام لینے سے پہلے اس کے حافظہ میں برنامہ اور مواد بھرا جاتا ہے۔ برنامہ نچلے حافظہ اور مواد بالا حافظہ میں رکھ کر ''صاف'' بتام دبا کر واپس اٹھنے دیا جاتا ہے جس سے ایک لمحے کے لیے CLR اور $\overline{CLR}$ فعال ہوں گے۔ CLK اور $\overline{CLK}$ ساعتی اشارے دفاتر کو اور گنت کار چلاتے ہیں۔ قابو و ترتیب کار سے خارج خرد ہدایت ساعت کے کنارہ چڑھائی پر عمل کا تعین کرتا ہے۔

ہر ایک مشینی پھیرا بازیابی پھیرے سے آغاز کرتا ہے۔ T_1 پتہ حال، T_2 بڑھوتری حال، اور T_3 حافظہ حال ہو گا۔ بازیابی پھیرے کے اختتام پر دفتر ہدایت میں ہدایت پائی جائے گی۔ جزو ہدایت کی رمز کشائی کے بعد قابو قالب خود بہ خود درست تعمیلی معمولہ پیدا کرتا ہے۔ تعمیلی پھیرا کی تکمیل پر چھلا گنت کار دوبارہ

[۴۶] controlmatrix



شکل ۱۲.۱۸: ہدایات کی رمز کشائی اور چھلا گنت کار۔



شکل ۱۲.۱۹: قابو قالب

T_1 سے آغاز کرتا ہے اور اگلا مشینی پھیرا شروع ہوتا ہے۔

دفتر ہدایت میں ''ریسی'' ہدایت بھرتے ہی کمپیوٹر کام کرنا روک دے گا۔

۱۲.۸ خرد برنامہ نویسی

ہر ایک تعمیلی پھیرے کے لیے درکار خرد ہدایات کے حصول کا ایک طریقہ شکل ۱۲.۱۹ میں پیش کیا گیا ہے۔ زیادہ تعداد کی ہدایات کے لیے درکار قابو قالب بہت بڑا ہو گا جس میں سیکڑوں یا ہزاروں کی تعداد میں گیٹ مستعمل ہوں گے۔ اتنی زیادہ تعداد میں گیٹوں کو برقی تاروں کے ذریعہ آپس میں جوڑنا آسان نہیں۔ یہی وجہ ہے کہ تخلیق کاروں نے دیگر راہ تلاش کیے۔

خرد برنامہ نویسی ایک ایسی متبادل ترکیب ہے۔ بنیادی طور پر قابو قالب سے خرد ہدایات پیدا کرنے کے بجائے انہیں پختہ حافظہ میں رکھا جاتا ہے، جس سے قابو و ترتیب کار بنانا آسان ہو جاتا ہے۔

خرد برنامہ ذخیرہ کرنے کا عمل

پتے مختص کر کے اور تعمیلی معمولہ شامل کرتے ہوئے ہم جدول ۱۲.۶ میں پیش خرد ہدایات حاصل کر سکتے ہیں، جنہیں **قابو** الفاظ کے پختہ حافظہ میں ذخیرہ کیا جا سکتا ہے۔ بازیابی معمولہ $0H$ تا $2H$ پتے پر، نقل معمولہ $3H$ تا $5H$، جمع معمولہ $6H$ تا $8H$، منفی معمولہ $9H$ تا BH، اور برآمد معمولہ CH تا EH پر رکھے گئے ہیں۔

کسی بھی معمولہ تک رسائی کے لیے درست پتہ مہیا کرنا ہو گا۔ مثلاً، جمع معمولہ کے لیے ہمیں $6H$ ، $7H$، اور $8H$ پتے فراہم کرنا ہو گا۔ برآمد معمولہ چلانے کے لیے CH ، DH، اور EH پتے فراہم کرنا ہو گا۔ یوں کسی بھی معمولہ تک رسائی درج ذیل تین اقدام پر چلتے ہوئے ممکن ہو گی۔

۱. معمولہ کا ابتدائی پتہ جاننا ہو گا۔

۲. معمولہ کے پتوں سے باری باری گزرنا ہو گا۔

۳. قابو الفاظ کے پختہ حافظہ کو پتے فراہم کرنا ہو گا۔

پختہ حافظہ برائے پتہ

شکل 10-16 میں کمپیوٹر کی خرد برنامہ نویسی دکھائی گئی ہے، جو **پتہ پختہ حافظہ**[۴۷]، **قابل پیش بھرائی**[۴۸] گنت کار، اور **قابو پختہ حافظہ**[۴۹] 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 معمولہ کا ابتدائی پتہ 0011، جمع معمولہ کا ابتدائی پتہ 0110 ہے، وغیرہ۔

جب بٹ $I_7I_6I_5I_4$ پتہ پختہ حافظہ کو چلائیں، ابتدائی پتہ پیدا ہو گا۔ مثلاً، اگر جمع ہدایت زیر تعمیل ہو، $I_7I_6I_5I_4$ میں 0001 ہو گا، جو پتہ پختہ حافظہ کو فراہم ہو گا؛ پختہ حافظہ 0110 دے گا۔

---

[۴۷] addressROM
[۴۸] presettable
[۴۹] controlROM

جدول ۱۲.۶: کمپیوٹر الف کا پختہ حافظہ برائے قابوالفاظ

پتہ	مواد	معمولہ	فعال
$0H$	$5E3H$	بازیاب	$E_P, \overline{L}_M$
$1H$	$BE3H$		C_P
$2H$	$263H$		$\overline{CE}, \overline{L_I}$
$3H$	$1A3H$	نقل	$\overline{L}_M, \overline{E}_I$
$4H$	$2C3H$		$\overline{CE}, \overline{L}_A$
$5H$	$3E3H$		کوئی نہیں
$6H$	$1A3H$	جمع	$\overline{L}_M, \overline{E}_I$
$7H$	$2E1H$		$\overline{CE}, \overline{L}_B$
$8H$	$3C7H$		$\overline{L}_A, E_U$
$9H$	$1A3H$	منفی	$\overline{L}_M, \overline{E}_I$
AH	$2E1H$		$\overline{CE}, \overline{L}_B$
BH	$3CFH$		$\overline{L}_A, S_U, E_U$
CH	$3F2H$	برآمد	$E_A, \overline{L}_O$
DH	$3E3H$		کوئی نہیں
EH	$3E3H$		کوئی نہیں
FH	X	X	غیر مستعمل

جدول ۱۲.۷: پختہ حافظہ برائے پتہ

پتہ	مواد	معمولہ
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

قابل پیش بھرائی گنت کار

جب T_3 بلند ہو، قابل پیش بھرائی گنت کار کا ''بھر'' مداخل بلند ہو گا لہٰذا پتہ پختہ حافظہ سے گنتکار ابتدائی گنتی حاصل کرے گا۔ باقی T حال کے دوران گنت کار گنتی کرے گا۔

ابتدائی طور، صاف / چل بلا ٹیک دور بلند CLR اشارہ پیدا کرتا ہے۔ جمع گیٹ کے مخارج پر نصب RC اس اشارے کا تفرق لیتے ہوئے ایک باریک سوزن[50] 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 گی۔ بازیابی کا ہر پھیرا ایک سا ہو گا، چونکہ T_1 ، T_2 ،اور T_3 حال کے دوران گنت کار بالترتیب 0000 ، 0001 ،اور 0010 دے گا۔

دفتر ہدایت میں موجود ہدایتی رمز تعمیلی پھیرا قابو کرتا ہے۔ اگر جمع ہدایت بازیاب کی جائے، $I_7I_6I_5I_4$ کے بِٹ 0001 ہوں گے۔ یہ ہدایتی رمز پتہ پختہ حافظہ کو چلاتے ہوئے 0110 (جدول ۱۲.۷ دیکھیں) پیدا کرے گا، جو قابل پیش بھرائی گنت کار کو بطور ابتدائی پتہ فراہم کیا جاتا ہے۔ بلند T_3 کے دوران ساعت کے اگلے کنارہ اترائی پر 0110 قابل پیش بھرائی گنت کار میں بھرا جائے گا۔ یوں گنت کار ''جمع'' معمولہ 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 ہو گا۔

T_1 حال کے شروع میں، T_1 اشارے کا پیش کنارہ تفرق کرتے ہوئے ایک باریک مثبت سوزن پیدا کیا جاتا ہے، جو گنت کار کو صاف کر کے 0000 کرتی ہے؛ یہ بازیابی معمولہ کا ابتدائی پتہ ہے۔ یوں ایک نئے مشین پھیرے کا آغاز ہو گا۔

قابو پختہ حافظہ

قابو پختہ حافظہ میں کمپیوٹر کے خرد ہدایات ذخیرہ کیے جاتے ہیں۔ بازیابی پھیرے کے دوران، قابو پختہ حافظہ کو 0000 ، 0001 ،اور 0010 پتہ فراہم کیا جاتا ہے، لہٰذا یہ درج ذیل خارج کرے گا۔

$$5E3H$$
$$BE3H$$
$$263H$$

یہ خرد ہدایات، جو جدول ۱۲.۶ میں پیش ہیں، پتہ حال، بڑھوتری حال، اور حافظہ حال پیدا کرتے ہیں۔

''جمع'' ہدایت کی تعمیل کے دوران، قابو پختہ حافظہ کو تعمیلی پھیرے کے دوران 0110 ، 0111 ،اور 1000 پتے فراہم ہوں گے۔ پختہ حافظہ کے مخارج بالترتیب درج ذیل ہوں گے۔

$$1A3H$$
$$2E1H$$
$$3C7H$$

جیسا ہم پہلے ذکر کر چکے، یہ خرد ہدایات ''جمع'' کی تعمیل کراتے ہیں۔

فرض کریں ''برآمد'' ہدایت کی تعمیل کی جا رہی ہے۔ ہدایتی رمز 1110 ہو گا اور ابتدائی پتہ 1100 ہو گا (جدول ۱۲.۷ دیکھیں)۔ تعمیلی پھیرے کے دوران، گنت کار کے مخارج 1100 ، 1101 ،اور 1110 ہوں گے۔ قابو پختہ حافظہ کے مخارج $3F2H$ ، $3E3H$ ،اور $3E3H$ ہوں گے (جدول ۱۲.۶ دیکھیں)۔ یہ معمولہ دفتر الف کا مواد برآمدی روزن کو منتقل کرتا ہے۔

---

[50] spike

متغیر مشینی پھیرا

جدول ۱۲.۶ میں خرد ہدایت $3E3H$ فارغ رہنے کی ہدایت ہے۔ یہ نقل معمولہ میں ایک مرتبہ اور برآمد معمولہ میں دو مرتبہ پایا جاتا ہے۔ کمپیوٹر الف میں فارغ ہدایت استعمال کر کے تمام ہدایات کے لیے **مقررہ مشینی پھیرا**[۵۱] حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں ہر ہدایت ٹھیک چھ T حال کا ہو گا۔ بعض کمپیوٹر میں مقررہ مشینی پھیرا موزوں ہو گا۔ تاہم، جہاں تیز رفتار درکار ہو وہاں فارغ ہدایت سے چھٹکارا حاصل کر کے رفتار بڑھائی جا سکتی ہے۔

ایسا T حال جس میں فارغ ہدایت موجود ہو کو نظر انداز کرتے ہوئے آگے بڑھنے سے رفتار بڑھائی جا سکتی ہے۔ شکل 10-16 میں معمولی تبدیلی سے ایسا کرنا ممکن ہو گا۔ 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 مشینی پھیرا[۵۲] حاصل کرنے کا ایک طریقہ شکل 10-17 میں پیش ہے۔ نقل ہدایت کے لیے T_1 تا T_5 حال ہو بہو مقررہ مشینی پھیرا کی طرح ہیں۔ T_6 حال کے آغاز میں قابو پختہ حافظہ $3E3H$ (یعنی فارغ خرد ہدایت) پیدا کرے گا۔ ضرب متمم گیٹ اس ہدایت کو فوراً پہچان کر پست فارغ خارج کرتا ہے۔ جیسا شکل 10-18 میں دکھایا گیا ہے، ضرب گیٹ کی مدد سے فارغ 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 ہو گا۔

برآمد ہدایت میں پہلا فارغ خرد ہدایت T_5 حال میں پایا جاتا ہے۔ یوں T_5 حال کے آغاز میں قابو پختہ حافظہ $3E3H$ دے گا جس کو ضرب متمم گیٹ پہچان کر پست فارغ 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 ہو گا۔

خرد عامل کار (مائکروپراسیسر[۵۳]) عموماً متغیر مشینی پھیرا استعمال کرتے ہیں۔ مثال کے طور پر، 8085 میں، تمام فارغ خرد ہدایت سے چھٹکارا حاصل کرتے ہوئے، مشینی پھیرا دو سے چھ T حال پر مشتمل ہو گا۔

فوائد

خرد برنامہ نویسی کا ایک فائدہ ہدایت رمز کشا اور قابو قالب سے چھٹکارا ہے؛ زیادہ ہدایات کی صورت میں دونوں نہایت پیچیدہ ہوں گے۔ دوسرے لفظوں میں، پختہ حافظہ میں خرد ہدایات ذخیرہ کرنا ہدایت رمز کشا اور قابو قالب استعمال کرنے سے زیادہ آسان ہے۔

مزید، ہدایت رمز کشا اور قابو قالب بنانے کے بعد ان میں تبدیلی لانا آسان نہیں ہو گا۔ آپ کو تاریں اتار کر دوبارہ لگانی ہوں گی۔ خرد برنامہ نویسی کی صورت میں ایسا کرنے کی ضرورت نہیں؛ آپ کو صرف قابو پختہ حافظہ اور ابتدائی پتہ کا پختہ حافظہ تبدیل کرنا ہو گا۔

خلاصہ

جدید خرد عامل کار زیادہ تر قابو پختہ حافظہ اور ابتدائی پتہ حافظہ استعمال کرتے ہیں۔ ان کے خرد برنامہ جدول زیادہ پیچیدہ ہوں گے، تاہم بنیادی فلسفہ یہی ہو گا جو اس باب میں بتایا گیا۔ خرد ہدایات قابو پختہ حافظہ میں ذخیرہ کیے جاتے ہیں اور ان تک رسائی درکار ہدایت کے پتہ فراہم کرنے سے ہو کی جاتی ہے۔

---

[۵۱] fixedmachinecycle
[۵۲] variablemachinecycle
[۵۳] microprocessor

سوالات

سوال ۱۲.۱: کمپیوٹر الف کا (مثال ۱۲.۱ کی طرز پر) ایسا برنامہ لکھیں جو درج ذیل کا نتیجہ ثنائی نمائشی تختی پر دکھائے۔

$$5 + 4 - 6$$

مواد کے لیے DH ، EH ، اور FH پتے استعمال کریں۔

جواب:

پتہ	ہدایات
0H	نقل **DH**
1H	جمع **EH**
2H	منفی **FH**
3H	برآمد
4H	رک
05H	DH
04H	EH
06H	FH

سوال ۱۲.۲: آپ نے سوال ۱۲.۱ میں برنامہ لکھا۔ اس کا ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ مشینی زبان میں جواب ثنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۳: درج ذیل حل کرنے کے لیے کمپیوٹر کی مادری زبان میں برنامہ لکھیں۔ مواد کے لیے BH تا FH پتے استعمال کریں۔

$$8 + 4 - 3 + 5 - 2$$

جواب:

پتہ	ہدایات
0H	نقل **BH**
1H	جمع **CH**
2H	منفی **DH**
3H	جمع **EH**
4H	منفی **FH**
5H	رک
08H	BH
04H	CH
03H	DH
05H	EH
02H	FH

سوال ۱۲.۴: گزشتہ سوال میں لکھا گیا برنامہ مشینی زبان میں ترجمہ کریں۔ جواب ثنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

سوال ۱۲.۵: جمع ہدایت کی وقتیہ ترسیمات شکل میں پیش ہیں۔ منفی ہدایت کی وقتیہ ترسیمات کھینچیں۔

سوال ۱۲.۶: فرض کریں 8085 کی ساعت کا تعدد 3 MHz ہے۔ جمع ہدایت کی بازیابی اور تعمیل کے لیے چار T حال درکار ہیں۔ یہ کتنا وقت ہے؟

سوال ۱۲.۷: کمپیوٹر الف کے نقل معمولہ کی خرد ہدایات کیا ہیں؟ منفی معمولہ کے لیے کیا ہیں؟ جواب ثنائی اور سادس عشری روپ میں پیش کریں۔

جواب: "نقل" کے لیے $1A3H$ ، $2C3H$ ، $3E3H$ یا 000110100011 ، 001011000011 ، 001111100011 ؛ منفی کے لیے $1A3H$ ، $2E1H$ ، $3CFH$ یا 000110100011 ، 001011100001 ، 001111001111 ؛

سوال ۱۲.۸: فرض کریں ہم دفتر الف کا مواد دفتر ب میں منتقل کرنا چاہتے ہیں۔ ہمیں ایک نئی خرد ہدایت درکار ہے۔ یہ خرد ہدایت کیا ہو گی؟ جواب ثنائی 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 چڑھائی پر کہ کنارہ اترائی پر تبدیل ہو گا؟ اس لمحے CLK کا کنارہ چڑھائی ہو گا یا کنارہ اترائی؟

ب. برنامہ گنت کار کو بڑھانے کے لیے C_P بلند ہو گا یا پست؟

ج. برنامہ گنت کار صاف کرنے کے لیے $\overline{CLR}$ بلند ہو گا یا پست؟

د. برنامہ گنت کار کا مواد W گزرگاہ پر رکھنے کے لیے E_P بلند ہو گا یا پست؟

جواب: (ا) کنارہ اترائی؛ CLK کا کنارہ چڑھائی ہو گا۔ (ب) بلند (ج) پست (د) بلند

سوال ۱۲.۱۰: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

ا. بلند $\overline{L}_A$ کی صورت میں ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر الف کے مواد کو کیا ہو گا؟

ب. اگر 00101100 = الف اور 11001110 = ب ہوں تب بلند E_A کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہو گا؟

ج. اگر 00001111 = الف ، 00000001 = ب ،اور $S_U = 1$ ہو تب بلند E_U کی صورت میں W گزرگاہ پر کیا ہو گا؟

سوال ۱۲.۱۱: کمپیوٹر کا نقشہ دیکھتے ہوئے درج ذیل کو جواب دیں۔

ا. جب S_5 صاف بیٹھک پر ہو کیا $\overline{CLR}$ بلند یا پست ہو گا؟

ب. جب S_6 پست بیٹھک پر ہو کیا $u24$ کا پنیا 11 بلند یا پست ہو گا؟

ج. $u29$ کے پنیا 3 پر ساعت کا اشارہ موجود ہونے کے لیے $\overline{HLT}$ بلند یا پست ہونا ہو گا؟

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 $I_7I_6I_5I_4 = 1110$ ہو، $u35$ کے خارجی پنیوں میں صرف ایک بلند ہو گا۔ وہ پنیا کونسا ہے؟ (پنیا 12 اور 10 نظرانداز کریں۔)

ب. جب $\overline{CLR}$ پست ہوتا ہے، T_1 تا T_6 میں کونسا بلند ہوتا ہے؟

ج. "نقل" اور T_5 بلند ہیں۔ $u45$ کے پنیا 6 پر کیا ہو گا؟

د. "جمع" اور T_4 بلند ہیں۔ کیا $u45$ کا پنیا 12 پست یا بلند ہو گا؟

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 ارتقا کی اگلی کڑی پر غور کیا جائے گا جسے ہم کمپیوٹر با کہیں گے۔ کمپیوٹر با چھلانگ کی ہدایات 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 ہدایات کی بدولت کمپیوٹر کی طاقت بہت زیادہ بڑھتی ہے۔

۱۳.۱ دوطرفہ دفاتر

تاروں کی برقی گنجائش کم کرنے کی غرض سے ہم کمپیوٹر با کے ہر ایک دفتر اور W گزرگاہ کے بیچ تاروں کا صرف ایک سلسلہ بچھائیں گے۔ شکل ۱.۱۳-الف میں اس تصور کی وضاحت کی گئی ہے۔ درآمدی اور برآمدی پنے آپس میں جوڑے گئے ہیں؛ گزرگاہ تک تاروں کا صرف ایک گروہ جاتا ہے۔

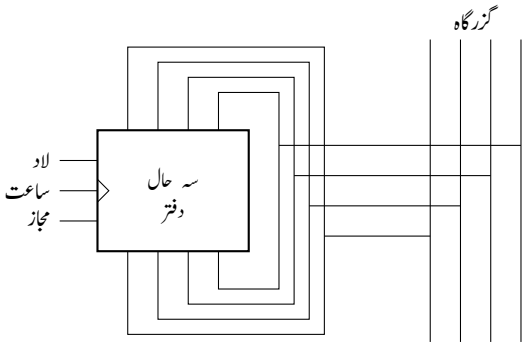
کیا درآمدی اور برآمدی پنے آپس میں جوڑنا کوئی مسئلہ کھڑا کرتا ہے؟ جی نہیں۔ کمپیوٹر کی دوڑ کے دوران کسی ایک وقت پر ''لاد'' اور ''مجاز'' میں سے صرف ایک فعال ہوگا۔ فعال ''لاد'' کی صورت میں ثنائی مواد گزرگاہ سے دفتر کی درآمد کی جانب گامزن ہوگا؛ لاد عمل کے دوران، برآمدی راہیں **غیر وابسطہ**[1] ہوں گی۔ اس کے برعکس، فعال ''مجاز'' کی صورت میں، ثنائی مواد دفتر سے گزرگاہ کی طرف گامزن ہوگا، اور درآمدی راہیں غیر وابسطہ ہوں گی۔

سہ حال دفتر کے درآمدی اور برآمدی پنیوں کو مخلوط دور ساز اندرونی طور پر آپس میں جوڑ سکتا ہے۔ اس سے نا صرف تاروں کی برقی گنجائش کم ہوگی بلکہ درآمدی و برآمدی پنیوں کی تعداد بھی کم ہوگی۔ مثلاً، شکل ۱.۱۳-ب میں آٹھ کے بجائے چار درآمدی و برآمدی پنے ہیں۔

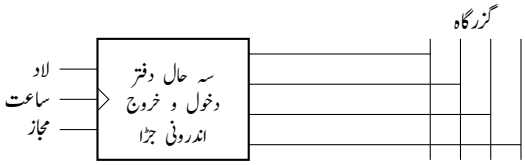
شکل ۱.۱۳-ج میں سہ حال دفتر، جس کے درآمدی اور برآمدی راہ اندرونی طور پر آپس میں جڑے ہیں، کی علامت پیش ہے۔ دوطرفہ تیر ہمیں یاد دلاتا ہے کہ یہ راہ **دوطرفہ**[2] ہے؛ اس پر مواد کسی بھی طرف چل سکتا ہے۔

---

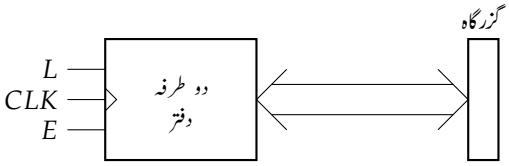
[1] floating
[2] bidirectional



(ا)



(ب)



(ج)

شکل ۱۳.۱: دو طرفہ دفتر

۱۳.۲ طرز تعمیر

شکل ۱۳.۲ میں کمپیوٹر ہا کی طرز تعمیر پیش ہے۔ دفاتر کے وہ برآمدات جو گزرگاہ W سے منسلک ہیں سہ حال ہیں؛ جو W گزرگاہ سے منسلک نہیں، وہ دو حال ہیں۔ یہاں بھی ہر ایک دفتر کو قابو و ترتیب کار قابو اشارات (جو یہاں دکھائے نہیں گئے) بھیجتا ہے۔ قابو اشارات ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفتر کو لادنے، یا مجاز ہونے، یا کسی دوسرے مقصد کے لیے تیار کرتے ہیں۔ ہر ڈبے کی مختصر تفصیل درج ذیل ہے۔

داخلی روزن

کمپیوٹر ہا کے دو داخلی روزن ہیں جنہیں روزن 1 اور روزن 2 کہتے ہیں۔ سادس عشری مرموز ٹائپ **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 بِٹ 0 کو **تیار**[۴] کا اشارہ بھیجتی ہے۔ یہ اشارہ روزن 1 میں درست مواد کی نشاندہی کرتا ہے۔

روزن 2 کے پنیا 7 کو جاتا ہوا **سلسلہ وار مداخل**[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 گنتکار 16 (سولہ) بِٹ ہے لہٰذا یہ

$$\text{گنتکار برنامہ} = 0000\ 0000\ 0000\ 0000$$

تا

$$\text{گنتکار برنامہ} = 1111\ 1111\ 1111\ 1111$$

گن سکتا ہے، جو $0000H$ تا $FFFFH$، یا اعشاری 0 تا 65535 کے برابر ہے۔

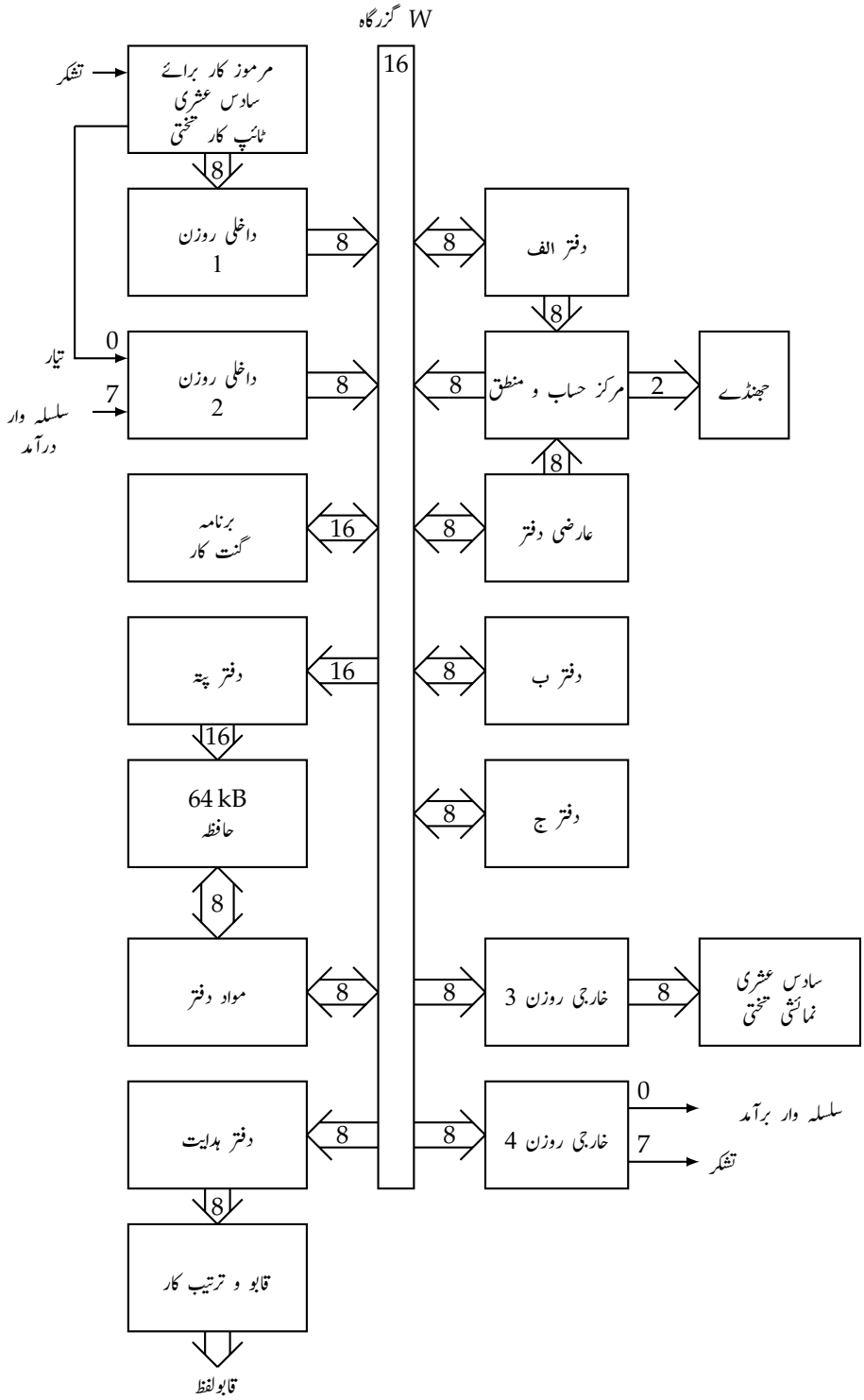
کمپیوٹر کی ہر دوڑ سے قبل پست $\overline{CLR}$ اشارہ برنامہ گنتکار کو زبردستی صاف کرتا ہے؛ یوں حافظہ کے مقام $0000H$ پر موجود ہدایت سے عمل شروع ہو گا۔

دفتر پتہ اور حافظہ

بازیابی پھیرے کے دوران، دفتر پتہ کو برنامہ گنت کار 16 بِٹ پتہ فراہم کرے گا، جس کے بعد حافظہ کے مطلوبہ مقام سے دو حال ''دفتر پتہ'' مخاطب ہو گا۔ کمپیوٹر ہا میں $0000H$ تا $07FFH$ پتہ $2K$ پختہ حافظہ استعمال کرتا ہے۔ پختہ حافظہ میں موجود برنامے کو **نگران**[۶] کہتے ہیں۔ برقی طاقت کی فراہمی 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 لیے مختص ہے۔ یوں $0800H$ تا $FFFFH$ پتے عارضی حافظہ کے لیے استعمال ہوں گے۔

---

[۳] keyboard
[۴] READY
[۵] serialin
[۶] monitor



شکل ۱۳.۲: کمپیوٹر با کی بناوٹ

دفتر مواد

حافظہ کے مواد کا دفتر جس کو ہم مختصراً **دفتر مواد**[۷] کہیں گے آٹھ بِٹ 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 با کی ہدایات کی تعداد کمپیوٹر الف کی ہدایات کی تعداد سے زیادہ ہے لہٰذا اس کا دفتر ہدایت 4 بِٹ کے بجائے 8 بِٹ ہے۔ آٹھ بِٹ میں 256 ہدایات سموئے جا سکتے ہیں۔ کمپیوٹر با کے کل 42 ہدایتی رمز ہیں جنہیں 8 بِٹ میں ڈالنا مسئلہ پیش نہیں کریگا۔ آٹھ بِٹ ہدایتی رمز استعمال کرتے ہوئے کمپیوٹر با کی ہدایات کو 8080/8085 کی ہدایات (جو خود آٹھ بِٹ ہیں) کے ہم آہنگ رکھا گیا ہے۔ کمپیوٹر با کی تمام ہدایات 8080/8085 کی ہدایات کے عین مطابق ہیں۔

قابو و ترتیب کار

قابو و ترتیب کار وہ قابو الفاظ یا خرد ہدایات پیدا کرتا ہے جو کمپیوٹر کے باقی حصوں کو ساتھ چلاتے اور ان سے کام لیتے ہیں۔ کمپیوٹر با کی ہدایات کی تعداد زیادہ ہے لہٰذا اس کے قابو و ترتیب کار کا دور بھی زیادہ بڑا ہو گا۔ اگرچہ، قابو لفظ بڑا ہو گا، بنیادی تصور میں کوئی فرق نہیں: ساعت کے اگلے کنارہ چڑھائی پر دفاتر کار دعمل قابو لفظ یا خرد ہدایات کے تحت ہو گا۔

دفتر الف

دفتر الف کا دو حال مخارج ''مرکز حساب و منطق'' کو جاتا ہے؛ اس کا سہ حال مخارج W گزرگاہ کو جاتا ہے۔ یوں دفتر الف میں موجود 8 بِٹ 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**[۸] کے مخلوط ادوار عام دستیاب ہیں۔ ان ''مراکز حساب و منطق'' میں عموماً 4 یا اس سے زیادہ قابو بِٹ 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۔

جھنڈا[۹] سے مراد ایک پلٹ کار ہے، جو کمپیوٹر دوڑ کے دوران بدلتے حالات پر نظر رکھتا ہے۔ کمپیوٹر با میں دو جھنڈے پائے جاتے ہیں۔ کسی ہدایت پر عمل کے دوران دفتر الف کا مواد منفی ہونے کی صورت میں **جھنڈا علامت**[۱۰] بلند ہو گا۔ دفتر الف کا مواد صفر ہونے پر **جھنڈا صفر**[۱۱] بلند ہو گا۔

عارضی دفتر، دفتر ب، اور دفتر ج

دفتر الف کے ساتھ جمع یا اس سے منفی ہونے والا مواد دفتر ب کے بجائے **عارضی دفتر** میں رکھا جاتا ہے۔ یوں دفتر ب دیگر کام کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ عارضی دفتر اور دفتر ب کے علاوہ کمپیوٹر با میں دفتر ج بھی پایا جاتا ہے۔ یوں کمپیوٹر دوڑ کے دوران مواد کی ترسیل میں ہم زیادہ لچک سے کام لے سکتے ہیں۔

---

[۷] memorydataregister
[۸] ALU,arithmeticlogicunit
[۹] flag
[۱۰] signflag
[۱۱] zeroflag

خارجی روزن

کمپیوٹر با میں دو خارجی روزن ہیں جنہیں روزن 3 اور روزن 4 کہا گیا ہے۔ دفتر الف کے مواد کو روزن 3 پر لادا جا سکتا ہے، جو سادس عشری نمائشی تختی کو چلاتا ہے۔ یوں ہم نتائج دیکھ سکتے ہیں۔

دفتر الف کا مواد روزن 4 پر بھی ڈالا جا سکتا ہے۔ روزن 4 کا پنیا 7 سادس عشری مرموز کار کو **تشکر**[۱۲] 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 بِٹ 0 پر بھی نظر ڈالیں جو **سلسلہ وار مخارج**[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 با کا بازیابی پھیرا وہی ہے جو پہلے تھا۔ T_1 اب بھی پتہ حال، T_2 بڑھوتری حال، اور T_3 حافظہ حال ہے۔ چونکہ بازیابی پھیرا میں حافظہ سے دفتر ہدایت میں برنامہ ہدایت ڈالی جاتی ہے لہٰذا کمپیوٹر با کی 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 ہو گی جو تعمیلی پھیرا کے دوران حافظہ سے رجوع کرے۔

کمپیوٹر با کی کل 42 ہدایات ہیں۔ آئیں ان میں سے راجع ہدایات پر غور کریں۔

نقل اور ذخیرہ

''نقل'' کی ہدایت وہی ہے جو پہلے تھی: مخاطب مقام (نشان زد مقام) سے دفتر الف میں حافظہ سے مواد ڈالنا۔ فرق فقط اتنا ہے کہ کمپیوٹر با کی رسائی $0000H$ تا $FFFFH$ مقامات تک ہے۔ مثال کے طور پر، ''نقل **2000H**'' سے مراد حافظہ کے مقام $2000H$ سے دفتر الف میں مواد نقل کرنا ہے۔

ہدایت کے مختلف حصوں میں فرق کرنے کے لیے 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 لیے جا سکتے ہیں؛ یہ ہدایت کے لیے یا ہدایت کے ثنائی رمز کے لیے استعمال کیا جا سکتا ہے۔ اصل معنی متن سے واضح ہو گی۔

''ذخیرہ'' ایک ایسی ہدایت ہے جو دفتر الف کے مواد کو حافظہ میں محفوظ کرتی ہے۔ اس ہدایت کو پتہ درکار ہو گا۔ یوں ''ذخیرہ **7FFFH**'' کی ہدایت دفتر الف کے مواد کو حافظہ میں مقام $7FFFH$ پر رکھتی ہے۔ اگر

---

[۱۲] ACKNOWLEDGE
[۱۳] ready
[۱۴] handshaking
[۱۵] serialout
[۱۶] opcode
[۱۷] operand

$$\text{الف} = 8AH$$

ہوتب ''ذخیرہ **7FFFH**'' کی تعمیل مقام $7FFFH$ پر $8AH$ لکھے گی۔

لادق

ہدایت ''لادق'' کہتی ہے دفتر میں متصل (قریب مہیا کردہ) مواد ''لاد'' (جیسا گھوڑے پر بوجھ ''لادنا'' ہوگا)۔ یہ کمپیوٹر سے کہتی ہے کہ ہدایت رمز کے بعد پیش (قریب یا متصل) مواد کو دیے گئے دفتر میں ڈالے۔ ''لاد'' اور ''قریب'' سے اس کا ہدایتی رمز ''لادق'' نکلا ہے۔ ہدایت لادق کو ''لاد قریب'' پڑھیں۔ مثال کے طور پر،

لادق الف ، 37H

کمپیوٹر کو کہتی ہے کہ دفتر الف میں $37H$ ڈالے۔ اس ہدایت کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ثنائی مواد ہوگا۔

$$\text{الف} = 0011\ 0111$$

آپ ''لادق'' ہدایت کو دفاتر الف، ب، اور ج کے ساتھ ملا کر استعمال کر سکتے ہو۔ ان ہدایات کی اشکال درج ذیل ہیں۔

لادق الف ، بائٹ
لادق ب ، بائٹ
لادق ج ، بائٹ

ہدایتی رمز

جدول ۱.۱۳ میں کمپیوٹر با کی تمام ہدایات پیش ہیں۔ (ہدایتی رمز چھوٹا رکھنے کی خاطر اس کا عمل بیان کرنے والے الفاظ جوڑ کر چھوٹا نام پیدا کیا جاتا ہے؛ آپ نے یہ عمل لادق کی ہدایت میں دیکھا۔) یہ 8080/8085 کی ہدایتی رمز ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں ''نقل'' کا ہدایتی رمز $3A$ ہے، ''ذخیرہ'' کا ہدایتی رمز 32 ہے، وغیرہ۔ باب پڑھتے ہوئے اس جدول سے رجوع کریں۔

مثال ۱.۱۳: دفتر الف میں، 49H دفتر ب میں، 4AH اور دفتر ج میں 4BH ڈالنے کے لیے برنامہ لکھیں؛ اس کے بعد دفتر الف کا مواد حافظہ کے مقام 6285H پر رکھیں۔

حل: ایسا ایک برنامہ درج ذیل ہے۔

لادق الف ، 49H
لادق ب ، 4AH
لادق ج ، 4BH
ذخیرہ 6285H
رک

جدول ۱.۱۳: کمپیوٹر با کے ہدایتی رمز

ہدایت	ہدایتی رمز	ہدایت	ہدایتی رمز
جمع ب	80	لاد ب ، الف	47
جمع ج	81	لاد ب ، ج	41
مض ب	A0	لاد ج ، الف	4F
مض ج	A1	لاد ج ، ب	48
مضق بائٹ	E6	لادق الف ، بائٹ	3E
طلب پتہ	CD	لادق ب ، بائٹ	06
متمم	2F	لادق ج ، بائٹ	0E
گھٹا الف	3D	فارغ	00
گھٹا ب	05	مج ب	B0
گھٹا ج	0D	مج ج	B1
رک	76	مجق بائٹ	F6
درآمد بائٹ	DB	برآمد بائٹ	D3
بڑھا الف	3C	گب	17
بڑھا ب	04	گد	1F
بڑھا ج	0C	لوٹ	C9
شم پتہ	FA	ذخیرہ پتہ	32
شاخ پتہ	C3	منفی ب	90
شغص پتہ	C2	منفی ج	91
شص پتہ	CA	مبش ب	A8
نقل پتہ	3A	مبش ج	A9
لاد الف ، ب	78	مبشق بائٹ	EE
لاد الف ، ج	79		

پہلی تین ہدایات، 49H، 4AH اور 4BH بالترتیب دفاتر 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 رکی ہے جو ہمیشہ کی طرح کمپیوٹر کو مواد کی عمل کاری سے روکتی ہے۔ □

مثال ۲.۱۳: درج بالا برنامے کا ترجمہ، جدول ۱.۱۳ کی مدد سے، 8080/8085 کی مشینی زبان میں کریں۔ پتہ 2000H سے شروع کریں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	لادق الف ، **49H**
2001H	49H	
2002H	06H	لادق ب ، **4AH**
2003H	4AH	
2004H	0EH	لادق ج ، **4BH**
2005H	4BH	
2006H	32H	ذخیرہ **6285H**
2007H	85H	
2008H	62H	
2009H	76H	رکی

مشینی زبان کے اس برنامہ میں کئی نئے تصور پیش ہیں۔ پہلی ہدایت

لادق الف ، 49A

کا ہدایتی رمز پہلے پتہ پر اور رقم زیر عمل بائٹ دوسرے پتے پر رکھا گیا ہے۔ تمام 2 بائٹ ہدایات کے لیے ایسا ہوگا: ہدایتی رمز پہلے دستیاب پتے پر جبکہ رقم زیر عمل بائٹ اگلے پتے پر رکھا جائے گا۔ درج ذیل ہدایت 3 بائٹ لمبی ہے (ہدایتی رمز 1 بائٹ جبکہ رقم زیر عمل مواد 2 بائٹ ہے)۔

ذخیرہ 6285H

ہدایت ذخیرہ کا ہدایتی رمز 32H ہے۔ یہ بائٹ پہلے دستیاب پتہ، 2006H، پر رکھا گیا ہے۔ اس ہدایت میں دیا گیا پتہ (6285H) دو بائٹ لمبا ہے۔ زیریں بائٹ 85H اگلے پتہ (2007H) پر، اور بالا بائٹ 62H اس سے اگلے پتے (2008H) پر رکھا گیا ہے۔

پتہ بظاہر الٹ کیوں رکھا گیا (یعنی زیریں بائٹ کے بعد بالا بائٹ)؟ اولین 8080 میں ایسا کیا گیا۔ اس (اولین) خرد عامل کار کے ساتھ ہم آہنگی کی وجہ سے 8085 اور دیگر خرد عامل کار میں یہی طریقہ اختیار کیا گیا۔ یوں زیریں بائٹ زیریں پتے پر، اور بالا بائٹ بالا پتے پر رکھا جاتا ہے۔

آخری ہدایت رکی ہے جس کا ہدایتی رمز 76H پتہ 2009H پر رکھا گیا ہے۔

آپ نے دیکھا کہ لادق ہدایت 2 بائٹ، ذخیرہ ہدایت 3 بائٹ، اور رکی ہدایت 1 بائٹ ہے۔ □

۱۳.۴ دفتری ہدایات

ہدایتی پھیرے کے دوران راجع ہدایات ایک سے زیادہ مرتبہ حافظہ سے رجوع کرتی ہیں، لہٰذا یہ ہدایات نسبتاً سست رفتار ہیں۔ مزید، کئی مرتبہ ہم چاہتے ہیں کہ حافظہ سے گزرے بغیر ایک دفتر سے مواد دوسرے دفتر منتقل ہو۔ آئیں کمپیوٹر باکی ایسی 2 بائٹ 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 تباہ کن ہے، یعنی دفتر ب کا مواد نقل ہو گا لیکن یہ مواد دفتر ب میں بھی رہے گا۔ مثلاً، درج ذیل صورت میں

$$\text{الف} = 34H \qquad \text{ب} = 9DH$$

ہدایت لاد الف ، ب کی تعمیل کے بعد نتائج درج ذیل ہوں گے۔

$$\text{الف} = 9DH$$
$$\text{ب} = 9DH$$

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۔

۱۳.۴.۲ جمع اور منفی

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 دفاتر میں درج ذیل ہو:

$$\text{الف} = 04H \qquad \text{ب} = 02H$$

تب جمع ب کی تعمیل کے بعد ان دفاتر میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{ب} = 02H \qquad \text{الف} = 06H$$

دفتر الف میں نتیجہ جبکہ دفتر ب اپنا مواد برقرار رکھتا ہے۔

اسی طرح منفی کہتی ہے دیے گئے دفتر کا مواد دفتر الف سے ''منفی'' کر کے دفتر الف میں نتیجہ رکھ۔ دیے گئے دفتر کا مواد تبدیل نہیں ہو گا۔ منفی ج دفتر ج کا مواد دفتر الف کے مواد سے منفی کر کے نتیجہ دفتر الف میں رکھے گی۔

ہدایات جمع اور منفی کی مختلف شکل و صورتیں درج ذیل ہیں۔

جمع ب
جمع ج
منفی ب
منفی ج

بڑھا اور گھٹا

بعض اوقات ہم دفتر کا مواد بڑھانا یا گھٹانا چاہتے ہیں۔ بڑھوتری کے لیے ہدایت بڑھا ہے (یہ ہدایت ''بڑھا'' پڑھی جائے گی)؛ یہ 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 (یہ ہدایت '' گھٹا'' پڑھی جائے گی)۔ ان ہدایات کی مختلف اشکال درج ذیل ہیں۔

بڑھا الف
بڑھا ب
بڑھا ج
گھٹا الف
گھٹا ب
گھٹا ج

یوں اگر دفاتر میں

$$\text{ب} = 56H$$
$$\text{ج} = 8AH$$

ہو تب بڑھا ب کی تعمیل کے بعد

$$\text{ب} = 57H$$

اور گھٹا ج کی تعمیل کے بعد درج ذیل ہو گا۔

$$\text{ج} = 89H$$

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 ج میں ڈالیں۔

حل: اعشاری 23 اور 45 کو سادس عشری میں لکھنا ہو گا جو بالترتیب $17H$ اور $2DH$ ہیں۔ درج ذیل برنامہ اس کام کو سرانجام دے سکتا ہے۔

```
لادق الف ، 17H
لادق ب ، 2DH
جمع ب
ذخیرہ 5600H
بڑھا الف
لاد ج ، الف
رک
```

□

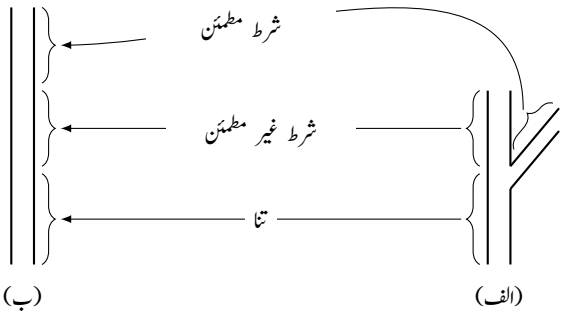
مثال ۱۳.۴: **ماخذ برنامے**[18] کا مشینی زبان میں ترجمہ عموماً کمپیوٹر کے مخصوص برنامے کی مدد سے کیا جاتا ہے جسے **مترجم برنامہ** یا مختصراً **مترجم**[19] کہتے ہیں۔ یہی کام دستی بھی کیا جا سکتا ہے۔ درج بالا ماخذ برنامے کا **دستی ترجمہ** مشینی زبان میں کریں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	لادق الف ، 17H
2001H	17H	
2002H	06H	لادق ب ، 2DH
2003H	2DH	
2004H	80H	جمع ب
2005H	32H	ذخیرہ 5600H
2006H	00H	
2007H	56H	
2008H	3CH	بڑھا الف
2009H	4FH	لاد ج ، الف
200AH	76H	رک

یاد رہے، جمع، بڑھا، لاد، اور رک ہدایات 1 بائٹ ہیں؛ لادق ہدایات 2 بائٹ، اور ذخیرہ ہدایت 3 بائٹ ہے۔ □

[18] sourceprogram
[19] assembler



شکل ۱۳.۳: شاخ کا تصور

۱۳.۵ شاخ اور طلبی ہدایات

کمپیوٹر با کی چار ہدایات ایسی ہیں جو برنامے کی ترتیب تبدیل کر سکتی ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، ہمیشہ کی طرح اگلی ہدایت بازیاب کرنے کے بجائے، کمپیوٹر برنامے کے دوسرے حصے پہنچ کر وہاں سے اگلی ہدایت بازیاب 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 صفر 0 ہونے کی صورت میں ایک کام اور غیر صفر ہونے کی صورت میں دوسرا کام سرانجام ہو۔ جس مقام پر کمپیوٹر نے یہ فیصلہ کرنا ہو گا، وہاں برنامے کی دو شاخیں ہوں گی۔ کمپیوٹر کو فیصلہ کرنا ہو گا کہ وہ کس ''شاخ'' پر چلے۔

شکل ۱۳.۳ میں شاخ کا تصور پیش ہے۔ شکل-الف میں درخت کے تنے پر چڑھتے ہوئے ایک مقام آتا ہے جہاں آپ نے فیصلہ کرنا ہو گا آیا سیدھا تنے پر رہتے ہوئے چڑھا جائے یا دائیں شاخ لیا جائے۔ آپ کے ذہن میں کوئی شرط ہو گی۔ اگر یہ شرط مطمئن ہو، آپ دائیں شاخ لیں گے؛ دیگر صورت آپ تنے پر رہتے ہوئے آگے بڑھیں گے۔ شکل-ب میں کمپیوٹر کا حافظہ دکھایا گیا ہے جس میں برنامہ رکھنے کا طریقہ واضح کیا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ شرط غیر مطمئن ہونے کی صورت میں برنامے کا حصہ نچلے تنے سے متصل رکھا جاتا ہے جبکہ شرط مطمئن ہونے پر جو برنامہ بروئے کار لایا جائے گا، تنے کے نچلے حصہ سے دور رکھا گیا ہے۔

حافظہ میں ان شاخ کا برنامہ بالا یا دور رکھا جائے گا۔ مسلط شرط غیر مطمئن ہونے کی صورت میں متصل برنامے پر عمل ہو گا، جبکہ شرط مطمئن ہونے کی صورت میں دور رکھا گئے برنامے پر عمل ہو گا۔

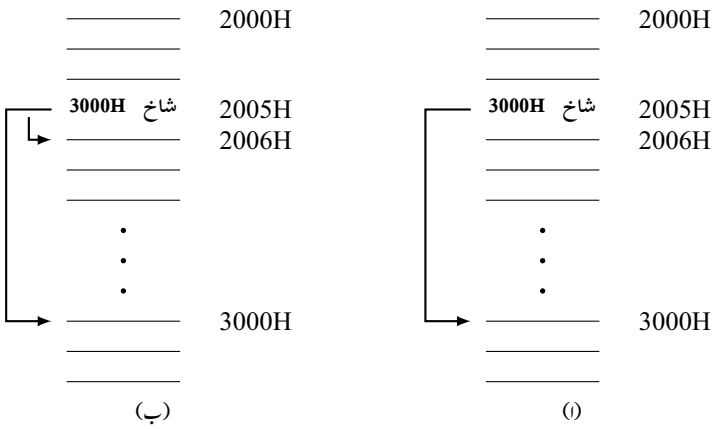
شاخ

نئی شاخ پر چلنے کی ایک ہدایت شاخ ہے؛ یہ کمپیوٹر کو اگلی ہدایت دیے گئے پتے سے بازیاب کرنے کو کہتی ہے۔ شاخ ہدایت کے ساتھ پتہ ہو گا جو برنامہ گنت کار میں ڈال دیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر،

شاخ **3000H**

---

[۲۰] branch



شکل ۱۳.۴: (ا) غیر مشروط شاخ؛ (ب) مشروط شاخ

کمپیوٹر کو اگلی ہدایت حافظہ کے مقام $3000H$ سے بازیاب کرنے کو کہتی ہے۔

آئیں اس عمل پر غور کریں۔ فرض کریں، شاخ **3000H** مقام $2005H$ پر موجود ہے (شکل ۱۳.۴-الف دیکھیں)۔ بازیابی پھیرے کے اختتام پر، برنامہ گنت کار میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{گنتکار برنامہ} = 2006H$$

تعمیلی پھیرے کے دوران، شاخ **3000H** برنامہ گنت کار میں مطلوبہ پتہ ڈالتی ہے۔

$$\text{گنتکار برنامہ} = 3000H$$

اگلا بازیابی پھیرا، اگلی ہدایت $2006H$ کے بجائے $3000H$ سے پڑھے گا (شکل ۱۳.۴-الف دیکھیں)۔

شم

کمپیوٹر با 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 ہو گا؛ دیگر صورت یہ جھنڈا پست ہو گا۔ علامتی طور پر درج ذیل لکھا جائے گا، 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 شم 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 شم **3000H** حافظہ میں $2005H$ پر موجود ہو۔ اس ہدایت کی بازیابی کے بعد درج ذیل ہو گا۔

$$\text{گنتکار برنامہ} = 2006H$$

اگر $S = 1$ ہو، شم **3000H** کی تعمیل برنامہ گنت کار میں $3000H$ ڈالے گی۔

$$\text{گنتکار برنامہ} = 3000H$$

چونکہ برنامہ گنت کار اب $3000H$ پر نظر جمائے ہوئے ہے لہٰذا اگلی ہدایت حافظہ کے مقام $3000H$ سے پڑھی جائے گی۔

اس کے برعکس، اگر $S = 0$ ہو، شاخ پر چلنے کا جواز موجود نہیں ہو گا، لہٰذا برنامہ گنت کار کا مواد تبدیل نہیں ہو گا اور اگلے بازیابی پھیرا میں ہدایت $2006H$ سے پڑھی جائے گی۔

شکل ۱۳.۴-ب میں دونوں صورتوں کی وضاحت کی گئی ہے۔ اگر منفی کی شرط مطمئن ہو، کمپیوٹر اگلی ہدایت کے لیے $3000H$ کی شاخ ($3000H$ پر موجود شاخ) لے گا۔ اگر منفی شرط مطمئن نہ ہو، کمپیوٹر شاخ کیے بغیر **سیدھا گزر کر**[۲۱] اگلی ہدایت اٹھائے گا۔

شص

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 شص کہتی ہے، ''صفر کی صورت میں شاخ'' (اگر دفتر الف میں صفر ہو، اگلی ہدایت کے لیے شاخ کر)؛ کمپیوٹر شاخ پر صرف اس صورت چلے گا جب دفتر الف کا مواد صفر کے برابر ہو۔ فرض کریں، شص **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۔

شغص

ہدایت شغص 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 شغص **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 شم، شص، اور شغص 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 دیے گئے پتے پر پہنچے گا۔

---

[۲۱] fallthrough
[۲۲] conditionaljumps
[۲۳] unconditionaljump

طلب اور لوٹ

ذیلی معمولہ [۲۴] سے مراد ایسا برنامہ ہے جو حافظہ میں اس مقصد سے رکھا جاتا ہے کہ کوئی دوسرا برنامہ اسے استعمال کر سکے۔ سائن، کوسائن، ٹینجنٹ، لوگارتھم، جذر، وغیرہ معلوم کرنے کے لیے کئی خرد کمپیوٹر کے ذیلی معمولہ موجود ہیں۔ یہ ذیلی معمولے صارف کو کمپیوٹر کے ساتھ فراہم کیے جاتے ہیں۔

''ذیلی معمولہ طلب کرنے'' کی ہدایت طلب ہے۔ مطلوبہ ذیلی معمولہ کا ابتدائی پتہ طلب ہدایت کے ساتھ فراہم کیا جاتا ہے۔ مثال کے طور پر، اگر جذر کا ذیلی معمولہ پتہ $5000H$ سے اور لوگارتھم کا ذیلی معمولہ $6000H$ سے آغاز کرتا ہو، درج ذیل کی تعمیل

طلب 5000H

جذر ذیلی معمولہ کو شاخ کرے گا (ہم کہتے ہیں اختیار جذر ذیلی معمولہ کو دیا جائے گا)۔ اس کے برعکس،

طلب 6000H

لوگارتھم کے ذیلی معمولہ کو شاخ کرے گا۔

ہدایت لوٹ سے مراد واپس ''لوٹنا'' ہے۔ ہر ذیلی معمولے کا اختتام اس ہدایت پر ہو گا، 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 معمولے کے اختتام پر پہنچ کر واپس جانے کے بجائے اگلے مقام سے ہدایت اٹھا کر بے قابو ہو گا۔

کمپیوٹر با میں طلب کی تعمیل پر برنامہ گنت کار کا مواد (اگلی ہدایت کا پتہ) حافظہ کے آخری دو مقامات $FFFEH$ اور $FFFFH$ پر خود بہ خود رکھ دیا جاتا ہے۔ اس کے بعد طلب 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 ہو گی، جو $FFFEH$ اور $FFFFH$ پر رکھا گیا پتہ برنامہ گنت کار میں ڈالتی ہے۔ یوں اصل برنامے کو اختیار لوٹایا جاتا ہے۔

شکل ۱۳.۵ میں ذیلی معمولے کے دوران برنامے کا چلن پیش ہے۔ طلب **5000H** ہدایت کمپیوٹر کو $5000H$ پر موجود ذیلی معمولے پر بھیجتی ہے۔ اس ذیلی معمولہ کے اختتام پر لوٹ کمپیوٹر کو طلب کے بعد آنے والی ہدایت پر بھیجتی ہے۔

ہدایت شاخ کی طرح طلب غیر مشروط ہے۔ ہدایتی دفتر میں طلب ہدایت پہنچنے پر کمپیوٹر لازماً ذیلی معمولے کی پہلی ہدایت کو شاخ کرے گا۔

جھنڈوں پر مزید معلومات

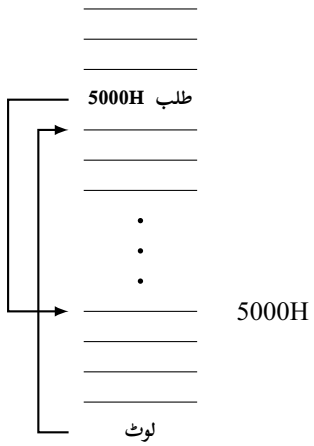
علامت اور صفر جھنڈا بعض ہدایات کے دوران بلند یا پست ہو سکتے ہیں۔ جدول ۱۳.۲ میں ان ہدایات کی فہرست پیش ہے جو جھنڈوں کو متاثر کر سکتے ہیں۔ یہ ہدایات تعمیلی پھیرے کے دوران دفتر الف استعمال کرتی ہیں۔ اگر ان ہدایات میں سے کسی ایک کی تعمیل کے دوران دفتر الف کا مواد صفر یا منفی ہو، جھنڈا صفر یا جھنڈا علامت بلند ہو گا۔

مثلاً، فرض کریں ہدایت جمع ج 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 ہو گا (جبکہ جھنڈا علامت پست ہو گا)؛ اگر دفتر الف کا مواد منفی ہو، جھنڈا علامت بلند ہو گا (جبکہ جھنڈا صفر پست ہو گا)۔ اگر دفتر الف کا مواد مثبت ہو، دونوں جھنڈے پست ہوں گے۔

اب بڑھا 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 لہٰذا یہ ہدایات بھی دونوں جھنڈوں پر اثر انداز ہوں گی۔ مثال کے طور پر، گھٹا ج کی تعمیل میں، دفتر ج کا مواد دفتر الف بھیج کر اس سے 1 منفی کر کے نتیجہ (دفتر الف کا مواد) واپس دفتر

---

[۲۴] subroutine



شکل ۱۳.۵: ہدایت طلب

جدول ۱۳.۲: جھنڈوں پر اثر انداز ہونے والی ہدایات۔

ہدایت	متاثر جھنڈے
جمع	S، Z
منفی	S، Z
بڑھا	S، Z
گھٹا	S، Z
مض	S، Z
مج	S، Z
مبش	S، Z
مضق	S، Z
مجق	S، Z
مبشق	S، Z

ج بھیجا جاتا ہے۔ اگر گھٹا کی تعمیل کے دوران دفتر الف کا مواد صفر ہو، جھنڈا صفر بلند ہو گا؛ اگر دفتر الف کا مواد منفی ہو، جھنڈا علامت بلند ہو گا۔

مثال ۱۳.۵: درج ذیل برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ پتہ $2000H$ سے آغاز کریں۔

لادق ج ، **03H**
گھٹا ج
شص **0009H**
شاخ **0002H**
رک

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	0EH	لادق ج ، **03H**
2001H	03H	
2002H	0DH	گھٹا ج
2003H	CAH	شص **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 ہو گی؟

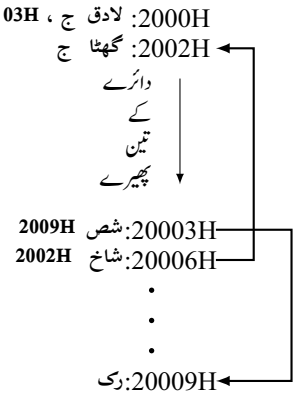
حل: شکل ۱۳.۶ میں برنامے کا بہاؤ دکھایا گیا ہے۔ لادق ج ، **03H** ہدایت دفتر ج میں $03H$ ڈالتی ہے۔ گھٹا ج اس مواد کو گھٹا کر $02H$ کرتی ہے۔ یہ صفر سے زیادہ ہے؛ لہٰذا جھنڈا صفر پست ہو گا، اور شص **2009H** ہدایت نظر انداز ہو گی۔ شاخ **2002H** ہدایت کمپیوٹر کو واپس گھٹا ج ہدایت پر بھیجتی ہے۔

ہدایت گھٹا ج کی تعمیل دوسری مرتبہ کرنے سے مواد گھٹ کر $01H$ ہو جائے گا؛ جھنڈا صفر اب بھی پست ہو گا، اور شص **2009H** نظر انداز ہو گی، اور شاخ **2002H** کمپیوٹر کو واپس گھٹا ج پر بھیجے گی۔

تیسری مرتبہ گھٹا ج کی تعمیل مواد کو صفر کرتی ہے لہٰذا جھنڈا صفر بلند ہو گا، اور شص **2009H** کمپیوٹر کو رک ہدایت پر بھیجے گی۔

برنامے کا وہ حصہ جو دہرایا جائے **دائرہ** فرہنگ دائرہ[۲۵] کہلاتا ہے۔ جیسا شکل ۱۳.۶ میں دکھایا گیا ہے، اس مثال میں ہم دائرہ (گھٹا ج اور شص **2009H**) سے تین مرتبہ گرتے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ دائرے سے گزرنے کی تعداد اور دفتر ج کی ابتدائی قیمت برابر ہے۔ اگر ہم پہلی ہدایت کو تبدیل کر کے درج ذیل کر دیں

[۲۵] loop



شکل ۱۳.۶: دائرے پر چلن

لادق 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 ہو گی۔

لادق ج ، C8H

دفتر ج بطور قابل پیش قیمت بھرائی گنت کار کردار ادا کرتا ہے۔ اسی لیے بعض اوقات ہم اسے ''گنت کار'' کہتے ہیں۔

جو نقطہ یاد رکھنے کے قابل ہے، وہ یہ ہے۔ ہم لادق، گھٹا، شص، اور شاخ استعمال کر کے دائرہ پیدا دے سکتے ہیں۔ نامزد دفتر (جو بطور گنتکار کام کرے گا) میں وہ عدد ڈالا جائے گا جتنی مرتبہ دائرے سے گزرنا مقصود ہو۔ اس دائرے میں جو جو ہدایات ڈالی جائیں، ان تمام کی تعمیل اتنی مرتبہ ہو گی جو عدد گنتکار 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 برنامہ جو آپ خرید سکتے ہیں **مترجم** ہے۔ آپ علامتی روپ میں برنامہ 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 ہو گی؛ کمپیوٹر آپ کے لیے کام کرے گا۔

مثال ۱۳.۵ میں دیا گیا برنامہ مادری زبان کے روپ میں لکھیں۔ **عرف**[۲۷] اور **تبصرہ**[۲۸] شامل کریں۔

حل:

---

[۲۶] software
[۲۷] label
[۲۸] comments

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق ج ، 03H	؛گنتکار میں اعشاری 3 ڈالیں
دوبارہ:	گھٹا ج	؛گنتکار گھٹائیں
	شص اختتام	؛صفر کے لیے پرکھیں
	شاخ دوبارہ	؛دائرے سے دوبارہ گزریں
اختتام:	رک	

برنامہ لکھتے وقت ''تبصرہ'' شامل کرنا سود مند ثابت ہوتا ہے۔ اس تبصرے میں آپ اپنا مقصد بیان کرتے ہیں جو بعض اوقات کمپیوٹر کی ہدایت دیکھ کر واضح نہیں ہو گا۔ 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 گنتکار استعمال کرتے ہوئے دائرے سے تین مرتبہ گزرنا چاہتے ہیں۔ دوسرا تبصرہ کہتا ہے کہ ایک مرتبہ دائرے سے گزرنے پر گنتکار 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، وقف 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۔ وقف ناقص کمپیوٹر کو بتاتا ہے کہ جو کچھ آگے لکھا گیا ہے، برنامہ نویس کے ذاتی استعمال اور یادداشت کے لیے ہے۔

شاخ اور طلبی کے ساتھ ''عرف'' 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 کے بجائے ''عرف'' استعمال کرنے سے برنامے کا بہاؤ سمجھنا زیادہ آسان ہو گا۔ مترجم ان عرف کو دیکھتے ہوئے شاخ اور طلبی ہدایات میں درست پتے شامل کرتا ہے۔ ہم مطلوبہ پتے کا عرف رکھ کر پتے کو اسی عرف سے یاد کرتے ہیں۔ ہم دفاتر اور مواد کے عرف بھی رکھتے ہیں۔

مثال کے طور پر، درج بالا برنامے کو مشینی زبان میں لکھتے ہوئے مترجم شص کی جگہ اس کا ہدایتی رمز CA (جدول ۱.۱۳ 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 ہدایات کے پتے جان پاتا ہے۔

آپ کو صرف اتنا یاد رکھنا ہو گا کہ شاخ اور طلبی ہدایات کے ساتھ استعمال کے لیے آپ کوئی بھی عرف استعمال کر سکتے ہیں۔ اسی عرف 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 موقع پر عرف استعمال کیا گیا ہے۔

کمپیوٹر با میں ''عرف'' کے لیے ایک تا چھ علامت (حرف یا ہندسے) استعمال کیے جا سکتے ہیں، تاہم پہلی علامت کا لازماً ایک حرف ہونا ہو گا۔ عرف کے لیے عموماً معنی خیز الفاظ استعمال کیے جائیں گے، تاہم ہندسوں کا استعمال جائز ہے۔ جائز عرف کی مثالیں درج ذیل ہے۔

دوبارہ
یہاں
تختہ پڑھ
ب4053
ج34م22

پہلے دو عرف سادہ الفاظ ہیں؛ تیسرا عرف ''تختی پڑھ'' کہنا چاہتا ہے؛ چوتھا اور پانچواں عرف بے معنی ہیں، تاہم ان کا استعمال جائز ہے۔ عرف کی لمبائی پر چھ علامتوں کی پابندی اور پہلی علامت پر حرف ہونے کی پابندی، عام دستیاب مترجم بھی عائد کرتے ہیں۔ □

مثال ۱۳.۸: ایسا برنامہ لکھیں جو عشری 12 اور 8 آپس میں جمع کرے۔

حل:

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق الف ، 00H	؛دفتر الف صاف کریں
	لادق ب ، 0CH	؛دفتر ب میں اعشاری 12 ڈالیں
	لادق ج ، 08C	؛گنتکار کو 8 پر رکھیں
دوبارہ:	جمع ب	؛اعشاری 12 جمع کریں
	گھٹا ج	؛گنتکار گھٹائیں
	شص ہوگیا	؛صفر کے لیے پرکھیں
	شاخ دوبارہ	؛دوبارہ دائرے سے گزریں
ہوگیا:	رک	؛کمپیوٹر روک دیں

برنامے میں کیا گیا تبصرہ ہمیں کم و بیش پوری کہانی بتا پاتا ہے۔ سب سے پہلے ہم دفتر الف کو صاف کرتے ہیں۔ اس کے بعد عشری 12 دفتر ب 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 دفتر الف کے ساتھ عشری 12 جمع کرتی ہے۔ گنتکار کی گنتی گھٹا ج گھٹا کر 7 کرتی ہے۔ جھنڈا صفر پست ہونے کی بدولت اس مرتبہ شص ہوگیا نظر انداز ہوگا 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 لہٰذا اس کی تعمیل 8 مرتبہ ہوگی اور یوں دفتر الف (جو آغاز میں خالی تھا) کے ساتھ 8 مرتبہ 12 جمع ہوگا۔ یہی 8 اور 12 ضرب کرنے سے حاصل ہوگا۔ دائرے کے 8 چکر کاٹنے کے بعد گنتکار میں 0 ہوگا، لہٰذا جھنڈا صفر بلند ہوگا؛ یوں شص ہوگیا کی تعمیل ہوگی اور کمپیوٹر دائرے سے نکل کر رک کو شاخ کرے گا۔

چونکہ عشری 12 کو 8 مرتبہ جمع کیا گیا لہٰذا دفتر الف میں اندراج ذیل ہوگا۔

$$12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 + 12 = 96$$

عشری 96 سادس عشری 60 کے برابر ہے لہٰذا دفتر الف میں ثنائی 01100000 ہوگا۔ یوں بار بار جمع کرنا ضرب دینے کے مترادف ہے۔ دوسرے لفظوں میں آٹھ مرتبہ 12 اور 8×12 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 خرد عامل کاروں میں ضرب کرنے کا سخت افزار[۲۹] نہیں پایا جاتا؛ ان میں، کمپیوٹر الف کی طرح، صرف جمع و منفی کار ہوگا۔ یوں، عموماً خرد 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 شص کی جگہ شغص ہدایت استعمال کریں۔

حل:

[۲۹] hardware

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق الف ، 00H	؛دفتر الف صاف کریں
	لادق ب ، 0CH	؛دفتر ب میں اعشاری 12 ڈالیں
	لادق ج ، 08C	؛گنتکار کو 8 پر رکھیں
دوبارہ:	جمع ب	؛اعشاری 12 جمع کریں
	گھٹا ج	؛گنتکار گھٹائیں
	شغص دوبارہ	؛صفر کے لیے پرکھیں
	رک	؛کمپیوٹر روک دیں

یہ برنامہ نسبتاً سادہ ہے۔ اس میں ایک شاخ ہدایت اور ایک عرف کم ہے۔ جب تک گنتکار صفر سے بڑا ہو، شغص کمپیوٹر کو واپس "دوبارہ" پر بھیجے گی۔ جب گنتکار صفر ہو جائے، برنامہ شغص سے سیدھا گزر کر رک تک پہنچے گا۔ □

مثال ۱۳.۱۰: درج بالا کا ترجمہ مشینی زبان میں دستی کریں۔ ابتدائی پتہ $2000H$ رکھیں۔

حل:

پتہ	مواد	علامتی روپ
2000H	3EH	لادق الف ، 00H
2001H	00H	
2002H	06H	لادق ب ، 0CH
2003H	0CH	
2004H	0EH	لادق ج ، 08H
2005H	08H	
2006H	80H	جمع ب
2007H	0DH	گھٹا ج
2008H	C2H	شغص 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	شغص **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 ہو گا جس کا ضرب کرنے سے تعلق ہو۔

برنامے کو نئی جگہ منتقل کرتے ہوئے ہم نے $2006H$ 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؟

لادق الف ، **00H**
لادق ب ، **10H**
لادق ج ، **0EH**
طلب **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۔ طلب 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 $E0H$ ہو گا جو عشری 224 کے برابر ہے، جو مطلوبہ جواب ہے۔

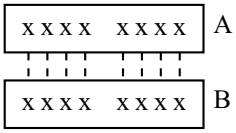
مقدار معلوم[۳۰] اس معلومات کو کہتے ہیں جس کی وجہ سے ذیلی معمولہ صحیح کام کرنے سے قاصر ہو گا۔ پتہ $F006H$ پر رکھے گئے ضرب کار ذیلی معمولہ کو، صحیح کام کرنے کے لیے، تین مقدار معلوم (الف، ب، ج) درکار ہیں۔ دفتر الف کو صاف کر کے، دفتر ب میں مضروب، اور دفتر ج میں ضارب ڈال کر ہم یہ مقدار معلوم ذیلی معمولہ کو 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

خرد عامل کار حساب کے علاوہ منطق بھی کر سکتا ہے۔ آئیں کمپیوٹر باکی منطقی ہدایات پر غور کریں۔ یہ ہدایات بھی 8080/8085 کی ہدایات کا **ذیلی سلسلہ**[۳۱] ہے۔

---

[۳۰] parameter
[۳۱] subset



شکل ۱۳.۷: منطقی ہدایات بِٹ بابِٹ عمل کرتی ہیں۔

متمم

ہدایات متمم کہتی ہے "دفتر الف متمم کر"۔ اس ہدایت کی تعمیل دفتر الف کے ہر بِٹ کو متمم کر کے دفتر الف کا تکملہ 1 پیدا کرتی ہے۔

مض

یہ ہدایت دفتر الف اور دیے گئے دفتر کا منطقی ضرب حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ مثال کے طور پر،

مض ب

کہتی ہے دفتر ب اور دفتر الف کے مواد کا منطقی ضرب لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈال۔ منطقی ضرب بِٹ بابِٹ حاصل کیا جاتا ہے۔ اگر ان دفتر الف میں درج ذیل ہو

$$\begin{aligned} \text{الف} &= 1100\,1100 \\ \text{ب} &= 1111\,0001 \end{aligned} \tag{۱۳.۱}$$

تب ہدایت کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 1100\,0000$$

یاد رہے، منطقی ضرب بِٹ بابِٹ حاصل کیا جاتا ہے (شکل ۱۳.۷ دیکھیں)۔ منطقی ضرب مطابقتی بِٹوں کی جوڑیوں کا لیا جاتا ہے: بِٹ A_7 اور بِٹ B_7 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، بِٹ A_6 اور بِٹ B_6 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، بِٹ A_5 اور بِٹ B_5 کا منطقی ضرب لیا جائے گا، وغیرہ۔ نتیجہ دفتر الف میں ڈالا جائے گا۔ کمپیوٹر با میں مض کی دو ہدایات ہیں: مض ب اور مض ج جن کے علامتی رمز جدول ۱۳.۱ میں پیش ہیں۔

مج

یہ ہدایت دفتر الف اور دیے گئے دفتر کا منطقی جمع حاصل کر کے دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ کمپیوٹر با میں مج کی دو ہدایات مج ب اور مج ج ہیں۔ مثال کے طور پر، اگر مساوات ۱۳.۱ دفاتر الف اور ب میں دیتی ہو تب

مج ب

کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 1111\,1101$$

مبش

یہ ہدایت ''دفتر الف کی بلا شرکت جمع'' دیے گئے دفتر کے ساتھ لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈالتی ہے۔ کمپیوٹر با کے **ہدایت کے سلسلہ**[۳۲] میں مبش ب اور مبش ج ہدایات موجود ہیں۔ اگر مساوات ۱۳.۱ دفتر الف اور ب دیتی ہو تب مبش ب کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0011\ 1101$$

مضق

کمپیوٹر با میں متصل منطقی ہدایات بھی موجود ہیں۔ مضق کہتی ہے ''دفتر الف کا منطقی ضرب متصل (قریبی) بائٹ کے ساتھ'' حاصل کر۔ مثال کے طور پر اگر

$$\text{الف} = 0101\ 1110$$

ہو، تب مضق **C7H** کی تعمیل

$$0101\ 1110 \quad \text{اور} \quad 1100\ 0111$$

کا منطقی ضرب لے کر نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی لہٰذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0100\ 0110$$

مجق

یہ ہدایت ''دفتر الف کا منطقی جمع متصل (قریب) 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 مجق **5AH** کی تعمیل

$$0011\ 1000 \quad \text{اور} \quad 0101\ 1010$$

کا منطقی جمع حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی، لہٰذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0111\ 1010$$

مبشق

یہ ہدایت ''متصل (قریب) بائٹ کے ساتھ بلا شرکت جمع'' دیتی ہے۔ یوں اگر

$$\text{الف} = 0001\ 1100$$

---

[۳۲] instructionset

ہو، تب مبشق **D4H** کی تعمیل

$$0001\ 1100 \quad \text{اور} \quad 1101\ 0100$$

کا بلا شرکت جمع حاصل کر کے نتیجہ دفتر الف میں ڈالے گی، لہٰذا دفتر الف میں درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$\text{الف} = 1100\ 1000$$

۱۳.۷ دیگر ہدایات

اس حصے میں دیگر ہدایات پر غور کیا جائے گا۔

فارغ

یہ ہدایت کمپیوٹر کو ''فارغ'' 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 لیے استعمال کی جاتی ہے۔ فارغ ہدایت بازیاب کرنے کے لیے اور اس کی تعمیل میں کل چار T حال درکار ہوتے ہیں۔ کئی فارغ ملا کر وقتی وقفہ پیدا کیا جا سکتا ہے۔ مثال کے طور پر، فارغ کو ''دائرے'' میں رکھ کر، اس کی تعمیل 100 مرتبہ کر کے $400\ T$ حال کے برابر وقفہ پیدا کیا جا سکتا ہے۔

رک

یہ ہدایت، جسے ہم کمپیوٹر الف میں دیکھ چکے، ''کام روکتی'' ہے۔

درآمد

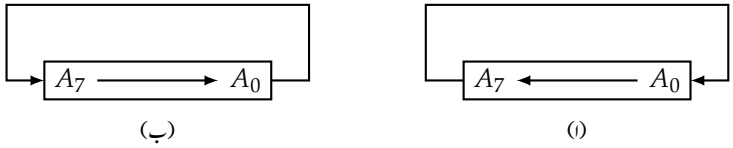
ہدایت درآمد ''مواد درآمد'' کرتی ہے۔ کمپیوٹر کو یہ ہدایت نامزد روزن سے مواد اٹھانے کو کہتی ہے۔ چونکہ کمپیوٹر با میں دو روزن موجود ہیں لہٰذا آپ نے روزن نامزد کرنا ہو گا۔ یوں درج ذیل روزن 2 سے ایک بائٹ دفتر الف میں درآمد کرے گی۔

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 کو روزن 3 اور روزن 4 کہتے ہیں لہٰذا آپ کو خارجی روزن نامزد کرنا ہو گا۔ یوں درج ذیل ہدایت، دفتر الف کا مواد روزن 3 پر ڈالتی ہے۔

برآمد **03H**



شکل ۱۳.۸: گھوم ہدایات: (ا) گب؛ (ب) گد

گب

یہ ہدایت کہتی ہے ''دفتر الف کو بائیں گھما''۔ یہ ہدایت تمام بِٹ کو بائیں منتقل کرتے ہوئے بلند تر رتبی بِٹ کو کمتر رتبی مقام پر ڈالتی ہے (شکل ۱۳.۸-الف دیکھیں)۔ مثال کے طور پر، فرض کریں دفتر الف میں درج ذیل مواد موجود ہے۔

$$\text{الف} = 1011\,0100$$

ہدایت گب کی تعمیل کے بعد درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0110\,1001$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ، ہر بِٹ ایک قدم بائیں لیتا ہے اور بلند تر رتبی بِٹ گھوم کر کمتر رتبی بِٹ کا مقام لیتا ہے۔

گد

یہ ہدایت کہتی ہے ''دفتر الف کو دائیں گھما''۔ اس مرتبہ دفتر الف کے تمام بِٹ ایک قدم دائیں لیتے ہیں اور کمتر رتبی بِٹ گھوم کر بلند تر رتبی بِٹ کے مقام پر جاتا ہے (شکل ۱۳.۸-ب دیکھیں)۔ یوں درج ذیل صورت میں

$$\text{الف} = 1011\,0100$$

ہدایت گد کی تعمیل کے بعد درج ذیل ہو گا۔

$$\text{الف} = 0101\,1010$$

مثال ۱۳.۱۳: بائٹ میں بِٹوں کی گنتی (کم تر رتبی تا بلند تر رتبی) 0 تا 7 کی جاتی ہے۔ ایک برنامہ لکھیں جو روزن 2 سے بائٹ لے کر معلوم کرے آیا بِٹ 0 بلند یا پست ہے۔ بلند بِٹ کی صورت میں دفتر الف میں لاطینی حرف Y کا، اور پست بِٹ کی صورت میں N کا ایسکی رمز ڈال کر روزن 3 سے برآمد کریں۔

حل:

عرف	ہدایت	تبصرہ
	درآمد **02H**	؛روزن 2 سے بائٹ لیں
	مضق **01H**	؛بِٹ 0 علیحدہ کریں
	شغص ہاں	؛بلند بِٹ کی صورت میں شاخ لیں
	لادق الف ، **4EH**	؛پست بِٹ کی صورت میں N ہوگا
	شاخ اختتام	؛اگلی ہدایت نظرانداز کریں
ہاں:	لادق الف ، **59H**	؛بلند بِٹ کی صورت میں Y ہوگا
اختتام:	برآمد **03H**	؛روزن 3 پر نتیجہ خارج کریں
	رک	

روزن 2 سے دفتر الف میں (درج ذیل روپ کا) مواد داخل کیا جاتا ہے۔

$$\text{الف} = A_7A_6A_5A_4A_3A_2A_1A_0$$

ہدایت مضق **01H** میں متصل (قریب) بائٹ درج ذیل ہے

$$0000\,0001$$

جس کو **نقاب**[۳۳] کہتے ہیں۔ اس بائٹ میں پست (0) بِٹ، دفتر الف کے مطابق بلند بِٹ نقاب پوش کر کے پست کرتے ہیں۔ دوسرے لفظوں میں، مضق 01H کی تعمیل کے بعد دفتر الف میں درج ذیل ہوگا۔

$$\text{الف} = 0000\,000A_0$$

اگر A_0 بلند (1) ہو، شغص شاخ کرتے ہوئے لادق الف ، **59H** کو پہنچے گا؛ جو دفتر الف میں Y کا ایسی رمز $59H$ ڈالتا ہے۔ اگر A_0 پست ہو، برنامہ لادق الف ، **4EH** سے سیدھا گزرتے ہوئے، دفتر الف میں N کا ایسی رمز ڈالتا ہے۔

ہدایت برآمد **03H** دفتر الف کا مواد روزن 3 سے خارج کرتا ہے۔ یوں ثنائی تختی پر $59H$ یا $4EH$ نظر آئے گا۔ □

مثال ۱۳.۱۴: متوازی مخارج کے بجائے ہم روزن 4 سے مواد سلسلہ وار برآمد کرنا چاہتے ہیں۔ مذکورہ بالا برنامے میں تبدیلی پیدا کرتے ہوئے جواب ($59H$ یا $4EH$) روزن 4 کے بِٹ 0 سے سلسلہ وار خارج کریں۔

حل:

[۳۳] mask

عرف	ہدایت	تبصرہ
	درآمد 02H	
	مضق 01H	
	شغص ہاں	
	لادق الف ، 4EH	
	شاخ ہوگیا	
ہاں:	لادق الف ، 59H	
ہوگیا:	لادق ج ، 08H	؛گنتکار میں 8 ڈالیں
دوبارہ:	برآمد 04H	؛کمتر رتبی بِٹ خارج کریں
	گد	؛اگلی بِٹ تیار کریں
	گھٹا ج	؛گنتکار گھٹائیں
	شغص دوبارہ	؛گنتی پر نظر رکھیں
	رک	

مواد کو متوازی سے سلسلہ وار بنا کر، بِٹ A_0 سے پہلے بھیجا جاتا ہے؛اس کے بعد A_1 ،اور اس کے بعد A_2 ؛اسی طرح چلتے ہوئے بِٹ A_7 سب سے آخر میں خارج کیا جاتا ہے۔ □

مثال ۱۳.۱۵: برآمد اور درآمد کے دوران خرد عامل کار اور (اس کے ساتھ جڑے) بیرونی آلے کے بیچ تبادلے (بات چیت) کو **مصافحہ** [۳۴] کہتے ہیں۔

کمپیوٹر بامیں مصافحہ درج ذیل صورت اختیار کرتا ہے۔ جب آپ شکل ۱۳.۲ کے سادس عشری مرموز 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 بھیجا جاتا ہے۔

داخلی مواد قبول کرنے سے قبل، خرد عامل کار روزن 2 میں ''تیار'' اشارے کو دیکھتا ہے۔ اگر ''تیار'' اشارہ پست ہو، خرد عامل کار انتظار کرے گا۔ اگر ''تیار'' بلند ہو، خرد عامل کار مواد قبول کر کے روزن 1 میں ڈالتا ہے۔ مواد کی ترسیل مکمل ہونے پر خرد عامل کار، سادس عشری ٹائپ کار کے مرموز کار کو ''تشکر'' اشارہ بھیجتا ہے؛ جس کی بدولت ''تیار'' بِٹ پست کر دیا جائے گا۔ ''تشکر'' بِٹ 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 بھیجا جائے گا اور نیا مواد روزن 1 میں ڈالا جائے گا۔

کمپیوٹر بامیں مصافحہ درج ذیل اقدام پر مشتمل ہے۔

۱. ''تیار'' بِٹ (روزن 2 کا بِٹ 0) بلند ہو گا۔

۲. خرد عامل کار کے روزن 1 میں مواد داخل ہو گا۔

۳. ''تیار'' بِٹ پست کرنے کی خاطر ''تشکر'' بِٹ (روزن 4 کا بِٹ 7) بلند ہو گا۔

۴. ''تشکر'' بِٹ پست ہو گا۔

مصافحہ استعمال کر کے روزن 1 سے ایک بائٹ مواد درآمد کریں۔ اس بائٹ کو دفتر ب میں ڈالیں۔

حل:

---

[۳۴] handshaking

عرف	ہدایت	تبصرہ
کیفیت:	درآمد 02H	؛روزن 2 سے بائٹ لیں
	مضق 01H	؛تیار بِٹ کو علیحدہ کریں
	شص 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
	لادق الف ، 80H	؛تشکر کا بِٹ بلند کریں
	برآمد 04H	؛بلند تشکر خارج کریں
	لادق الف ، 00H	؛تشکر بِٹ پست کریں
	برآمد 04H	؛پست تشکر خارج کریں
	رک	

اگر ''تیار'' بِٹ پست ہو مضق 01H کی تعمیل دفتر الف کے مواد کو صفر بنائے گی جس سے جھنڈا صفر بلند ہو گا۔ یوں شص کیفیت ہدایت واپس دائرے کے آغاز میں درآمد 02H کو شاخ کرے گی۔ جب تک ''تیار'' بِٹ بلند نہ ہو، کمپیوٹر دائرے میں رہے گا۔

بلند ''تیار'' اشارہ درست مواد کی تصدیق کرتا ہے۔ بلند ''تیار'' بِٹ کی صورت میں برنامہ شص سے گزر کر درآمد 02H پہنچے گا۔ یوں روزن 1 سے دفتر الف میں بائٹ منتقل ہو گا۔ لاد اس بائٹ کو دفتر ب منتقل کرتی ہے۔ ہدایت لادق الف ، 80H ''تشکر'' بِٹ (بِٹ 7) بلند کرتی ہے۔ برآمد 04H ہدایت بلند ''تشکر'' اشارہ سادس عشری مرموز کار کو بھیجتی ہے، جس کا اندرونی سخت افزار ''تیار'' بِٹ پست کرتا ہے۔ اس کے بعد ''تشکر'' بِٹ پست کیا جاتا ہے تاکہ اگلا بِٹ درآمد کرنا ممکن ہو۔ □

۱۳.۸ کمپیوٹر با کا خلاصہ

اس حصے میں کمپیوٹر با کے T حال، جھنڈے، اور پتہ نشر کرنے کے انداز پر غور کیا جائے گا۔

T حال

کمپیوٹر با کا قابو و ترتیب کار کا برنامہ متغیر مشینی پھیرے کے لیے ہے۔ یوں بعض ہدایات کی تعمیل باقی ہدایات کی تعمیل سے زیادہ لے گی۔ جیسا آپ کو یاد ہو گا، خرد برنامہ نویسی کا مقصد پختہ حافظہ میں قابو معمولے ذخیرہ کرنا ہے، جہاں سے انہیں ضرورت کے پیش اٹھایا جا سکتا ہے۔

جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ میں ہر ایک ہدایت اور ہدایت کی تعمیل کے لیے درکار T حال کی تعداد پیش ہے (ان ہدایات کو ایک جدول میں اس لیے پیش نہیں کیا گیا چونکہ ایسا جدول ایک صفحہ میں سمو یا نہیں جاتا)۔ مثلاً، جمع ب کی تعمیل چار T حال میں ہو گی، مضق بائٹ کی تعمیل سات میں، اور طلب کی اٹھارہ میں، وغیرہ۔ وقتیہ استعمال میں T حال کی تعداد جاننا ضروری ہو گا۔

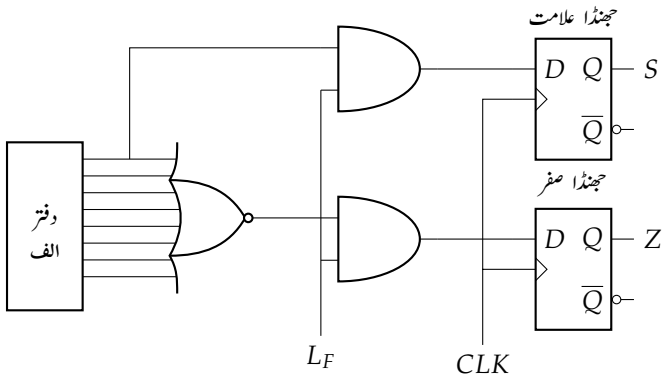
دھیان رہے کہ شم کو درکار T حال کی تعداد 10/7 ہے۔ شاخ لینے کی صورت میں درکار T حال کی تعداد 10 اور سیدھا گزرنے کی صورت میں 7 ہے۔ یہی تصور باقی مشروط شاخ ہدایات کے لیے بھی ہے؛ شاخ کی صورت میں درکار T حال کی تعداد 10 اور شاخ نہ لینے کی صورت میں 7 ہو گی۔

جدول ۱۳.۳: کمپیوٹر باکی ہدایات کا سلسلہ

ہدایت	ہدایتی رمز	T حال	جھنڈے	انداز پتہ	بائٹ
جمع ب	80	4	S، Z	دفتری	1
جمع ج	81	4	S، Z	دفتری	1
مض ب	A0	4	S، Z	دفتری	1
مض ج	A1	4	S، Z	دفتری	1
مضق بائٹ	E6	7	S، Z	قریب	2
طلب پتہ	CD	18	کوئی نہیں	قریب	3
متمم	2F	4	کوئی نہیں	مضمر	1
گھٹا الف	3D	4	S، Z	دفتری	1
گھٹا ب	05	4	S، Z	دفتری	1
گھٹا ج	0D	4	S، Z	دفتری	1
رک	76	5	کوئی نہیں	کوئی نہیں	1
درآمد بائٹ	DB	10	کوئی نہیں	بلاواسطہ	2
بڑھا الف	3C	4	S، Z	دفتری	1
بڑھا ب	04	4	S، Z	دفتری	1
بڑھا ج	0C	4	S، Z	دفتری	1
شم پتہ	FA	10/7	کوئی نہیں	قریب	3
شاخ پتہ	C3	10	کوئی نہیں	قریب	3
شغص پتہ	C2	10/7	کوئی نہیں	قریب	3
شص پتہ	CA	10/7	کوئی نہیں	قریب	3
نقل پتہ	3A	13	کوئی نہیں	بلاواسطہ	3

جدول ۱۳.۴: کمپیوٹر با کی ہدایات کا سلسلہ

ہدایت	ہدایتی رمز	T حال	جھنڈے	انداز پتہ	بائٹ
لاد الف ، ب	78	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لاد الف ، ج	79	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لاد ب ، الف	47	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لاد ب ، ج	41	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لاد ج ، الف	4F	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لاد ج ، ب	48	4	کوئی نہیں	دفتری	1
لادق الف ، بائٹ	3E	7	کوئی نہیں	قریب	2
لادق ب ، بائٹ	06	7	کوئی نہیں	قریب	2
لادق ج ، بائٹ	0E	7	کوئی نہیں	قریب	2
فارغ	00	4	کوئی نہیں	کوئی نہیں	1
مج ب	B0	4	S، Z	دفتری	1
مج ج	B1	4	S، Z	دفتری	1
مجق بائٹ	F6	7	S، Z	قریب	2
برآمد بائٹ	D3	10	کوئی نہیں	بلاواسطہ	2
گب	17	4	کوئی نہیں	مضمر	1
گد	1F	4	کوئی نہیں	مضمر	1
لوٹ	C9	10	کوئی نہیں	مضمر	1
ذخیرہ پتہ	32	13	کوئی نہیں	بلاواسطہ	3
منفی ب	90	4	S، Z	دفتری	1
منفی ج	91	4	S، Z	دفتری	1
مبش ب	A8	4	S، Z	دفتری	1
مبش ج	A9	4	S، Z	دفتری	1
مبشق بائٹ	EE	7	S، Z	قریب	2



شکل ۱۳.۹: جھنڈوں کا بلند ہونا۔

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 ۱۳.۹ میں کمپیوٹر باکے جھنڈے بلند کرنے کے ادوار پیش ہیں۔

دفتر الف کا مواد منفی ہونے کی صورت میں A_7 بِٹ 1 ہو گا۔ یہ علامت بِٹ زیریں ضرب گیٹ کو چلاتی ہے۔ جب دفتر کا مواد صفر ہو، تمام بِٹ پست ہوں گے، اور جمع متمم گیٹ کا مخارج بلند (1) ہو گا۔ اس جمع متمم گیٹ کا مخارج 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 ہو گا، اور مواد صفر ہونے کی صورت میں Z بلند ہو گا۔

ایسا نہیں کہ تمام ہدایات جھنڈوں پر اثر انداز ہوتی ہیں۔ جیسا جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ میں دکھایا گیا ہے جمع، مض، مضق، گھٹا، بڑھا، مج، منفی، مبش، اور مبشق وہ ہدایات ہیں جو جھنڈوں پر اثر انداز ہوتی ہیں۔ صرف یہ ہدایات کیوں؟ اس لیے کہ شکل ۱۳.۹ میں L_F اشارہ صرف اس وقت بلند ہو گا جب ان ہدایات کی تعمیل ہو۔ ان ہدایات کے لیے L_F بِٹ کی خرد برنامہ نویسی سے یہ ممکن بنایا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں، قابو پختہ حافظہ میں ہم مذکورہ بالا ہدایات کے لیے L_F بِٹ بلند رکھتے ہیں، جبکہ باقی ہدایات کے لیے ہم L_F بِٹ پست رکھتے ہیں۔

مشروط شاخ

جیسا ذکر کیا گیا، شاخ لینے کی صورت میں مشروط شاخ ہدایات 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 خرد معمولہ کی پہلی ہدایت کے پتے پر بھیجتا ہے۔ خرد معمولہ کا ابتدائی حصہ جھنڈے کو پرکھ کر شاخ لینے یا نہ لینے کا فیصلہ کرتا ہے۔ اگر شاخ لینا مقصود ہو، خرد معمولہ کا باقی حصہ زیر عمل آئے گا؛ دیگر صورت خرد معمولہ کا باقی حصہ رد کیا جاتا ہو اور کمپیوٹر سیدھا گزر کر اگلی ہدایات اٹھاتا ہے۔

پتہ نشر کرنے کے انداز

کمپیوٹر با کی ہدایات مختلف طریقوں سے مواد تک رسائی حاصل کرتی ہیں۔ رقم 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 فراہم کیا گیا ہے۔

نقل پتہ
ذخیرہ پتہ

یہ **بلا واسطہ پتہ کے انداز**[۳۵] کی مثال ہیں۔

متصل یا قریب پتے کا انداز[۳۶] فراہم کرنے کا انداز اس سے مختلف ہے۔ مواد کا پتہ فراہم کرنے کے بجائے، ہم مواد فراہم کرتے ہیں۔ مثلاً، درج ذیل ہدایت میں درکار بائٹ، حافظہ میں ہدایتی رمز کے فوراً بعد پایا جاتا ہے۔

لادق الف ، بائٹ

جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ میں متصل (قریب) پتہ کی دیگر ہدایات پیش ہیں۔

درج ذیل ہدایت میں مطلوبہ مواد، حافظہ کے بجائے دفتر میں پایا جاتا ہے۔ یہ **دفتری پتہ انداز**[۳۷] کی مثال ہے۔

لاد الف ، ب

دفتری پتہ کے انداز میں T حال کی تعداد کم ہے لہٰذا یہ نہایت چست ہدایات دیتی ہیں۔

مضمر پتہ کے انداز[۳۸] میں مواد کا پتہ ہدایت کے اندر موجود ہو گا۔ مثال کے طور پر،

گب

کہتی ہے دفتر الف کے بِٹ بائیں گھمائیں۔ مواد دفتر الف میں موجود ہے؛ یہی وجہ ہے کہ مضمر پتہ کے انداز میں رقم زیر عمل کی ضرورت نہیں ہو گی۔

بائٹ

ہدایت کو حافظہ میں رکھنے کے لیے ایک یا ایک سے زیادہ بائٹ کی جگہ درکار ہو گی۔ کمپیوٹر با کی ہدایات کو 1 ، 2 ، یا 3 بائٹ جگہ چاہیے ہو گی۔ ہر ہدایت کو درکار بائٹ، جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ میں ہر بتائے گئے ہیں۔ جیسا آپ دیکھ سکتے ہیں، جمع ہدایت کو 1 بائٹ، مضق ہدایت کو 2 بائٹ، اور طلب ہدایت کو 3 بائٹ جگہ چاہیے، وغیرہ۔

مثال ۱۳.۱۶: کمپیوٹر با کی ساعت کا تعدد 1 MHz ہے۔ یوں ایک T حال کا دورانیہ 1 μs ہو گا۔ درج ذیل ذیلی معمولہ کی تعمیل کتنی دیر میں ہو گی؟

---

[۳۵] directaddressing
[۳۶] immediateaddressing
[۳۷] registeraddressing
[۳۸] impliedaddressing

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق ج ، **46H**	؛گنتکار عشری 70 رکھیں
دوبارہ:	گھٹا ج	؛نیچے شمار کریں
	شغص دوبارہ	؛گنتی پرکھیں
	فارغ	؛مزید وقفہ دیں
	لوٹ	

حل: گنتکار کی ابتدائی قیمت تعین کرنے کی خاطر لادق ہدایت کی تعمیل ایک مرتبہ کی جاتی ہے۔ ہدایت گھٹا کی تعمیل 70 مرتبہ ہو گی۔ ہدایت شغص پورے 69 مرتبہ شاخ لی گی اور ایک مرتبہ سیدھا گزرنے دے گی۔ جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ میں T حال کی تعداد پیش ہے، جنہیں استعمال کر کے ذیلی معمولہ کی تعمیلی دورانیہ معلوم کرتے ہیں۔

لادق	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	
گھٹا	$70 \times 4 \times 1\,\mu s = 280\,\mu s$	
شغص	$69 \times 10 \times 1\,\mu s = 690\,\mu s$	(شاخ لیا گیا)
شغص	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	(شاخ نہیں لیا گیا)
فارغ	$1 \times 4 \times 1\,\mu s = 4\,\mu s$	
لوٹ	$1 \times 10 \times 1\,\mu s = 10\,\mu s$	

یوں درکار وقت $7 + 280 + 690 + 7 + 4 + 10 = 998\,\mu s$ ہوگا، جو تقریباً 1 m]second کے برابر ہے۔

اس ذیلی معمولہ کو طلب کر کے 1 ms کا وقفہ پیدا کیا جا سکتا ہے۔

جدول ۱۳.۳ اور جدول ۱۳.۴ کے تحت اس ذیلی معمولہ میں مستعمل ہدایات کی لمبائی درج ذیل ہے۔

ہدایت	لادق	گھٹا	شغص	فارغ	لوٹ
بائٹ	2	1	3	1	1

اس معمولہ کی کل لمبائی 8 بائٹ ہے۔ کمپیوٹر باکے نرم افزار کے طور پر اس معمولہ کا ترجمہ مشینی زبان میں کر کے $F010H$ تا $F017H$ پتے پر رکھا جا سکتا ہے۔ ایسا کرنے کے بعد، طلب **F010H** ہمیں 1 ms وقفہ دے گا۔ □

مثال ۱۳.۱۷: درج ذیل معمولہ کتنا وقفہ پیدا کرتا ہے؟

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق ب ، **0AH**	؛گنتکار ب عشری 10 ہے
دائرہ1:	لادق ج ، **47H**	؛گنتکار ج عشری 71 رکھیں
دائرہ2:	گھٹا ج	؛ج گھٹائیں
	شغص دائرہ**2**	؛ج صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا ب	؛ب گھٹائیں
	شغص 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 **شغص دائرہ2** ہدایات پر مشتمل ہے۔ اندرونی دائرہ $991\,\mu s$ کا وقفہ پیدا کرتا ہے، جس کی تفصیل ذیل ہے۔

گھٹا	$71 \times 4 \times 1\,\mu s = 284\,\mu s$	
شغص	$70 \times 10 \times 1\,\mu s = 700\,\mu s$	(شاخ لیا گیا)
شغص	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	(شاخ نہیں لیا گیا)

جب گنتکار ج صفر کو پہنچتا ہے، برنامہ **شغص دائرہ2** سے نیچے گرتا ہے؛ گنتکار ب گھٹتا ہے اور **شغص دائرہ1** ہدایت، برنامے کو واپس **لادق ج ، 47H** بھیجتی ہے۔ ہم دائرہ 2 میں دوسری مرتبہ داخل ہوتے ہیں۔ چونکہ دائرہ 1 کے اندر دائرہ 2 پایا جاتا ہے لہٰذا دائرہ 2 کی تعمیل 10 مرتبہ ہو گی اور یوں کل وقفہ تقریباً $10\,ms$ پیدا ہو گا۔

پورے ذیلی معمولہ کے حساب کی تفصیل درج ذیل ہے، جو $10\,134\,\mu s$ (تقریباً $10\,ms$) وقفہ دیتا ہے۔

لادق ب ، 0AH	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	
لادق ج ، 47H	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	
دائرہ2	$10 \times 991\,\mu s = 9910\,\mu s$	
گھٹا ب	$10 \times 4 \times 1\,\mu s = 40\,\mu s$	
شغص دائرہ1	$9 \times 10 \times 1\,\mu s = 90\,\mu s$	(شاخ لیا گیا)
شغص دائرہ1	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$	(شاخ نہیں لیا گیا)
لوٹ	$1 \times 10 \times 1\,\mu s = 10\,\mu s$	

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، طلب **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۔

لادق ب ، 64H

اندرونی دائرے کی تعمیل 100 مرتبہ ہو گی، اور کل وقفہ تقریباً $100\,ms$ ہو گا۔ 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:

[۳۹] nestedloops

جدول ۱۳.۵: کمپیوٹر باکے ذیلی معمولے

عرف	ابتدائی پتہ	وقفہ	مستعمل دفاتر
وق1م	F010H	1 ms	ج
وق10م	F020H	10 ms	ب،ج
وق100م	F030H	100 ms	ب،ج
وق1س	F040H	1 s	الف،ب،ج
وق10س	F060H	10 s	الف،ب،ج

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق الف ، 0AH	؛گنتکارالف میں عشری 10 ڈالیں
دائرہ1	**لادق ب ، 64H**	؛گنتکارب عشری 100 ہے
دائرہ2:	**لادق ج ، 47H**	؛گنتکارج عشری 71 رکھیں
دائرہ3:	**گھٹا ج**	؛ج گھٹائیں
	شغص دائرہ3	؛ج صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا ب	؛ب گھٹائیں
	شغص دائرہ2	؛ب صفر ہونے پر نظر رکھیں
	گھٹا الف	؛گنتکارالف گھٹائیں
	شغص دائرہ1	؛الف کو صفر کے لیے پرکھیں
	لوٹ	

حل: دائرہ3 سے گزر تقریباً 1 ms میں ہوگی۔ دائرہ3 سے دائرہ2 سو مرتبہ گرتا ہے جو تقریباً 100 ms میں ہوگا۔ دائرہ2 سے دائرہ1 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 جا رہے 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 لیے ہم طلب **F040H** ہدایت استعمال کریں گے۔

اول ہدایت کو تبدیل کر کے درج ذیل بنانے سے دائرہ2 سے دائرہ1 سو مرتبہ گزرتا ہے، جو خود دائرہ0 سے سو مرتبہ گزرتا ہے۔ حاصل ذیلی معمولہ دس سیکنڈ کا وقفہ دے گا۔

لادق الف ، 64H

اس کو $F060H$ تا $F072H$ پتے پر رکھتے ہیں۔ اس ذیلی معمولہ کو طلب کرنے سے 10 سیکنڈ کا وقفہ حاصل ہوگا۔

جدول ۱۳.۵ میں کمپیوٹر باکے وقتی دورانیے پیش ہیں۔ انہیں استعمال کر کے 1 ms تا 10 s وقفے حاصل ہوں گے۔ □

مثال ۱۳.۱۹: چوراہے پر نصب **آمد و رفت بتی**[۴۰] گاڑیوں کی حرکت قابو کرتی ہے۔ یہ بتی 50 s کے لیے سبز، 6 s کے لیے پیلی، اور 30 s کے

[۴۰] trafficlights

لیے لال رہتی ہے۔ روزن 4 کے بِٹ 1 ، 2 ،اور 3 بالترتیب سبز، پیلی،اور لال بلب روشن کرنے والے ادوار کو جاتی ہیں۔ اس بتی کو چلانے کے لیے برنامہ لکھیں۔

حل:

عرف	ہدایت	تبصرہ
دوبارہ:	لادق الف ، 32H	؛سبز بتی کو پچاس سیکنڈ کا وقفہ درکار ہے
	ذخیرہ حفاظت	؛گنتکار الف کی موجودہ گنتی حفاظت سے رکھیں
	لادق الف ، 02H	؛بِٹ 1 بلند کر کے سبز بتی منتخب کریں
	برآمد 04H	؛سبز بتی روشن کریں
دائرہس:	طلب وق1س	؛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
	شغص دائرہس	؛سبز بتی روشن رکھیں
	لادق الف ، 06H	؛پیلی بتی کو چھ سیکنڈ چاہیے
	ذخیرہ حفاظت	
	لادق الف ، 04H	؛بِٹ 2 بلند کر کے پیلی بتی کی نشاندہی کریں
	برآمد 04H	پیلی بتی روشن کریں
دائرہپ:	طلب وق1س	
	نقل حفاظت	
	گھٹا A	
	ذخیرہ حفاظت	
	شغص دائرہپ	
	لادق الف ، 1EH	؛لال بتی 30 سیکنڈ روشن رہے گی
	ذخیرہ حفاظت	
	لادق الف ، 08H	;لال بتی کا انتخاب کریں
	برآمد 04H	؛لال بتی روشن کریں
دائرہل:	طلب وق1س	
	نقل حفاظت	
	گھٹا الف	
	ذخیرہ حفاظت	
	شغص دائرہل	
	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 لادق الف ، 32H ہدایت سے ہوتا ہے جو عشری 50 گنتکار الف میں ڈالتی ہے۔ دفتر الف دیگر کاموں کے لیے بھی مستعمل ہے لہٰذا اس میں موجود مواد کو ذخیرہ حفاظت حافظہ میں ''حفاظت'' پتے پر رکھتی ہے۔ ذیلی معمولہ کا آخری مقام ''حفاظت'' کے لیے مختص ہے، جس کی نشاندہی ذیلی معمولہ میں آخری عرف کرتا ہے۔ لادق الف ، 02H دفتر

الف کا بائٹ 1 بلند کرتی ہے، جو روزن 4 میں سبز بتی کے لیے مختص ہے؛ برآمد **04H** روزن 4 کے بِٹ 1 کو بلند کرتی ہے، جو بیرونی دور کو سبز بتی روشن کرنے کا حکم ہے۔

جدول ۱۳.۵ میں ایک سیکنڈ وقفہ کے ذیلی معمولہ کا ابتدائی پتہ $F040H$ دیا گیا ہے۔ یوں ایک سیکنڈ وقفہ پیدا کرنے کے لیے ہم طلب **F040H** لکھ سکتے ہیں، تاہم عرف استعمال کرتے ہوئے اسی ذیلی معمولہ کو طلب **وق1س** لکھ کر طلب کیا جا سکتا ہے۔ ذیلی معمولہ کے ابتدائی مقام کو بامعنی عرف سے منسوب کر کے پتہ کے بجائے استعمال کرنا آسانی پیدا کرتا ہے۔

یوں ہدایت طلب **وق1س** ایک سیکنڈ وقفے کے ذیلی معمولہ کو طلب کرتی ہے۔ نقل **حفاظت** گنتکار میں موجودہ گنتی ڈالتی ہے جو اس وقت عشری 50 ہو گی۔ **گھٹا الف** اس گنتی کو گھٹا کر عشری 49 کرتی ہے۔ ذخیرہ **حفاظت** نئی گنتی (عشری 49) کا تحفظ کرتی ہے۔ اس کے بعد **شغص دائربس** (دائرہ سبز چھوٹا کر کے ''دائرہس'' لکھا گیا ہے، تاکہ عرف پر عائد، زیادہ سے زیادہ چھ علامتوں کی شرط مطمئن ہو) مزید ایک سیکنڈ کا وقفہ پیدا کرنے کے لیے واپس طلب **وق1س** کو شاخ کرتی ہے۔

ہدایت طلب **وق1س** پورا 50 مرتبہ طلب کیا گیا ہے؛ یوں سبز بتی 50 سیکنڈ روشن رہتی ہے۔ اس کے بعد برنامہ **شغص دائربس** سے نیچے گر کو **لادق الف** ، **06H** پہنچتا ہے۔ یہاں سے پیلی بتی قابو کرنے حصہ شروع ہوتا ہے۔ گنتکار الف میں عشری 6 ڈال کر ایک سیکنڈ وقفے 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 تینوں مسلسل باری باری روشن ہوں گی۔ □

مثال ۱۳.۲۰: مختلف صوتی تعدد پیدا کرنے کے لیے خرد عامل کار بروئے کار لایا جا سکتا ہے۔ روزن 4 کا بِٹ 5 **افزائش کار**[۴۱] (ایمپلی فائر) کے ساتھ جوڑا گیا ہے۔ افزائش کار نا صرف برقی اشارہ مستحکم بناتا ہے بلکہ اس کا حیطہ بڑھانے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے۔ یہ **بلند گو**[۴۲] 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۔

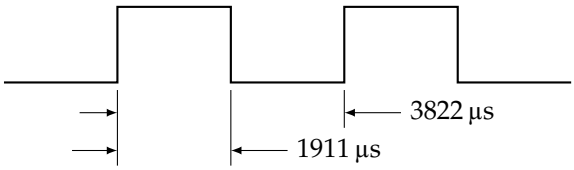
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{261.63\,\text{Hz}} = 3822\,\mu\text{s}$$

ہم شکل ۱۳.۱۰ میں دکھائے گئے **چوکور موج**[۴۳] کی طرح اشارہ روزن 4 کے بِٹ 5 پر بھیجیں گے۔ چوکور اشارہ 1911 μs کے لیے بلند، اور 1911 μs کے لیے پست ہو گا۔ بلند اور پست حصے ملا کر 3822 μs دیتے ہیں، جو 261.63 Hz تعدد دے گا۔ پیدا کردہ آواز سائن نما ہونے کے بجائے چوکور ہے، لہٰذا یہ سریلی نہیں ہو گی۔

درکار برنامہ درج ذیل ہے۔ یاد رہے، روزن 4 کے دیگر بِٹ کہیں نہیں جوڑے گئے، لہٰذا ان پر مواد بھیجنا یا نہ بھیجنا ایک برابر ہے۔

---

[۴۱] amplifier
[۴۲] loudspeaker
[۴۳] squarewave



شکل ۱۰.۱۳: آواز کی چوکور موج۔

عرف	ہدایت	تبصرہ
دائرہ1:	برآمد 04H	افزائش کار کو اشارہ بھیجیں
	لادق ج ، 86H	؛گنتکار میں عشری 134 ڈالیں
دائرہ2:	گھٹا ج	؛گنتی گھٹائیں
	شغص دائرہ2	
	متمم	؛بِٹ 5 متمم کریں
	فارغ	؛بالکل درست دورانیہ پیدا کرنے کے لیے
	فارغ	؛بالکل درست دورانیہ پیدا کرنے کے لیے
	شاخ دائرہ1	موج کا دوسرا حصہ پیدا کریں

ہدایت برآمد 04H روزن 4 (یعنی بلند گو) کو دفتر الف کا مواد بھیجتا ہے۔ ہم نہیں جانتے بِٹ 5 میں کیا ہو گا، تاہم ہمیں اس سے غرض نہیں۔ یہ بِٹ ضرور بلند یا پست ہو گا۔ لادق گنتکار میں عشری 134 ڈالتی ہے۔ اس کے بعد دائرہ2 شروع ہو گا، اور گھٹا اور شغص سے گزر کر متمم کو پہنچ کر 1866 µs وقفہ حاصل ہو گا۔ یہ ہدایت دفتر الف کے تمام بِٹ متمم کرتی ہے لہٰذا بِٹ 5 بلند سے پست اور پست سے بلند ہو گا۔ دو عدد فارغ مل کو مزید 8 µs دیتے ہیں۔ شاخ دائرہ1 برنامے کو واپس بھیجتی ہے۔ برآمد 04H کی تعمیل بلند گو کو متمم بِٹ 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 ہو گا، جو درکار دوری عرصہ کے کافی قریب ہے۔

وقفوں کا حساب درج ذیل ہے۔

برآمد 04H	$1 \times 10 \times 1\,\mu s = 10\,\mu s$
لادق ج ، 86H	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$
گھٹا ج	$134 \times 4 \times 1\,\mu s = 536\,\mu s$
شغص دائرہ2	$133 \times 10 \times 1\,\mu s = 1330\,\mu s$
شغص دائرہ2	$1 \times 7 \times 1\,\mu s = 7\,\mu s$
متمم	$1 \times 4 \times 1\,\mu s = 4\,\mu s$
فارغ	$1 \times 4 \times 1\,\mu s = 4\,\mu s$
فارغ	$1 \times 4 \times 1\,\mu s = 4\,\mu s$
شاخ دائرہ1	$1 \times 10 \times 1\,\mu s = 10\,\mu s$

درج بالا وقفے مل کر 1912 µs دیتے ہیں، جو نصف موج کے برابر ہے۔ □

مثال ۲۱.۱۳: مواد کی سلسلہ وار ترسیل میں بِٹوں کا بہاؤ ایک دوسرے کے بعد ہوتا ہے لہٰذا سلسلہ وار مواد کو بعض اوقات **سلسلہ وار مواد کی دھار**[۴۴] کہتے ہیں۔ شکل ۲.۱۳ (صفحہ ۳۱۲) میں سلسلہ وار مواد کی دھار سے، روزن 2 کے بِٹ 7 پر، مواد کی آمد تقریباً 600 بِٹ فی سیکنڈ سے ہوتی ہے۔ ایک برنامہ لکھیں جو سلسلہ وار مواد کی دھار سے آٹھ بِٹ حاصل کر کے انہیں حافظہ کے مقام $2100H$ میں متوازی ذخیرہ کرے۔

حل: فی سیکنڈ 600 بِٹ پہنچتے ہیں، لہٰذا ایک بِٹ کا دوری عرصہ درج ذیل ہو گا۔

$$\frac{1}{600} = 1667\,\mu s$$

ہم روزن 2 سے بِٹ حاصل کر کے، دفتر الف کو دائیں گھما کر، روزن سے دوسرا بِٹ لیں گے؛ اسی طرح تمام آٹھ بِٹ حاصل کیے جائیں گے۔ درج ذیل برنامہ یہ کام سرانجام دے سکتا ہے۔

عرف	ہدایت	تبصرہ
	لادق ب ، 00H	؛دفتر ب صاف کریں
	لادق ج ، 07H	؛گنتکار میں عشری 7 رکھیں
بٹ:	درآمد 02H	؛مواد درآمد کریں
	مضق 80H	؛بِٹ 7 علیحدہ کریں
	مج ب	؛اس بِٹ کو پہلے وصول بِٹ کے شامل کریں
	گد	؛تمام بِٹ دائیں گھمائیں
	لاد ب ، الف	؛دفتر ب میں حاصل بِٹ محفوظ کریں
	لادق الف ، 73H	؛ 1600 μs کا وقفہ پیدا کریں
وقفہ:	گھٹا الف	
	شغص وقفہ	
	گھٹا ج	؛حاصل بِٹوں کی تعداد پر نظر رکھیں
	شغص بٹ	
	درآمد 02H	؛آخری بِٹ حاصل کریں
	مضق 80H	؛بِٹ 7 علیحدہ کریں
	مج ب	
	ذخیرہ 2100H	؛حاصل بائٹ ذخیرہ کریں

پہلی ہدایت دفتر ب صاف کرتی ہے، جس میں حاصل بِٹ محفوظ کرائے جائیں گے۔ دوسری ہدایت گنتکار ج میں عشری سات ڈالتی ہے، جو بِٹوں کی تعداد گنتا ہے۔ سات بِٹ 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 بِٹ (جو درکار سلسلہ وار بِٹ ہے) مضق کی تعمیل کے ذریعہ علیحدہ کرتا ہے۔ پہلی مرتبہ مج ب کچھ نہیں کرتی، چونکہ دفتر ب میں صرف 0 بھرے ہیں۔ گد دفتر الف کے بِٹ دائیں گھماتی ہے۔ پہلے سات بِٹ مواد اکٹھا کرنے کے دوران دفتر الف کا کمتر ترتیبی بِٹ 0 رہے گا، جو گد کے دوران بلند ترتیبی مقام پر منتقل ہو گا؛ یوں پہلے سات بِٹ حاصل کرتے ہوئے گد کے بعد دفتر الف کا بلند ترتیبی بِٹ 0 ہو گا۔ حاصل بِٹوں کو لاد ب ، الف محفوظ کرتی ہے۔

ہدایت لادق الف ، 73H گنتکار میں عشری 115 بھرتی ہے۔ اس کے بعد گھٹا الف اور شغص وقفہ کا دائرہ آتا ہے جو تقریباً 1600 μs کا وقفہ پیدا کرتا ہے۔

---

[۴۴] serialdatastream

ہدایت گھٹا ج دفتر گھٹاتی ہے اور شغص بٹ صفر پر نظر رکھ کر سات بِٹ گنتی ہے۔ برنامہ واپس درآمد **02H** کو لوٹ کر اگلا بِٹ حاصل کرتا ہے۔ مضق بِٹ 7 علیحدہ کر کے سلسلہ وار مواد کی دھار سے اگلا بِٹ حاصل کرتی ہے، جس کو دفتر ب کے مواد کے ساتھ منطقی جمع کیا جاتا ہے؛ یوں گزشتہ بِٹوں کے بائیں جانب، نیا بِٹ چسپاں کیا جاتا ہے۔ گد کے بعد، اب تک حاصل دو بِٹوں کو دفتر ب میں محفوظ کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد دوبارہ تقریباً 1600 µs کا وقفہ لیا جاتا ہے۔

برنامہ مسلسل اسی طرح چلتے ہوئے 7 بِٹ حاصل کرتا ہے۔ ساتواں بِٹ کے بعد برنامہ شغص بٹ سے نیچے گرتا ہے۔

آخری چار ہدایات درج ذیل کرتی ہیں۔ درآمد **02H** آٹھواں مرتبہ روزن سے مواد درآمد کرتی ہے۔ مضق بِٹ 7 علیحدہ کرتی ہے۔ مج ب اس بِٹ کو گزشتہ بِٹوں کے بائیں چسپاں کرتی ہے۔ یہاں پہنچ کر دفتر الف میں پورا بائٹ موجود ہو گا۔ 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 ایسکی رمز ہے۔ کمتر رتبی بِٹ سب سے پہلے، اور بلند تر رتبی بِٹ سب سے آخر میں حاصل ہو گا۔ مج ب کی باری باری تعمیل کے بعد دفتر الف میں موجود مواد درج ذیل ہو گا۔

الف = 1000 0000 (دائرے سے پہلی گزر)
الف = 1100 0000 (دوسری گزر)
الف = 1110 0000 (تیسری گزر)
الف = 0111 0000 (چوتھی گزر)
الف = 1011 1000 (پانچویں گزر)
الف = 0101 1100 (چھٹی گزر)
الف = 1010 1110 (ساتویں گزر)
الف = 0101 0111 (اختتامی مواد)

□

سوالات

سوال ۱.۱۳: ایک ماخذ برنامہ لکھیں جو دفتر الف میں عشری 100، دفتر ب میں عشری 150، اور دفتر ج میں عشری 200 ڈالے۔

جواب:

ہدایت

لادق الف ، **64H**
لادق ب ، **96H**
لادق ج ، **C8H**
رک

سوال ۲.۱۳: درج بالا ماخذ برنامے کا دستی ترجمہ مشینی زبان میں کریں۔ ابتدائی پتہ $2000H$ رکھیں۔

سوال ۳.۱۳: 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
لادق الف ، 32H
ذخیرہ 4000H
لادق الف ، 33H
ذخیرہ 4001H
لادق 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 مقام $5000H$ پر رکھے۔

جواب:

```
ہدایت
لادق الف ، 44H
لادق 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۔

```
عرف        ہدایت
دائرہ:     لادق ج ، 78H
           گھٹا ج
           شغص دائرہ
           رک
```

ا. ہدایت گھٹا ج کی تعمیل کتنی مرتبہ کی جاتی ہے؟ عشری جواب پیش کریں۔

ب. برنامہ کتنے مرتبہ دائرہ پر واپس لوٹتا ہے؟

ج. دائرہ 210 مرتبہ لینے کے لیے برنامے میں کیا تبدیلی کرنی ہو گی؟

جواب: (ا) 120 ،(ب) 119 ،(ج) پہلی ہدایت کی جگہ لادق ج ، D2H استعمال کریں۔

سوال ۱۳.۸: درج ذیل میں کون کون سے عرف درست ہیں؟

ا. غ100

ب. باخبر

ج. 5 مرتبہ

د. دوسری جگہ

ھ. 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
لادق الف ، 00H
لادق ب ، 19H
لادق ج ، 07H
طلب 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 ایسکی رمز اور جفت صورت میں E کا ایسکی رمز بھیجے۔

سوال ۱۳.۱۱: درج بالا برنامے کو یوں تبدیل کریں کہ جواب سلسلہ وار روزن 4 کے بِٹ 0 پر برآمد کیا جائے۔ (فی سیکنڈ بھیجے گئے بِٹوں کی تعداد جو بھی ہو، قابل قبول ہو گا۔)

جواب:

```
عرف        ہدایت
           درآمد 01H
           مضق 01H
           شغص طاق
           لادق الف ، 45H
طاق:       لادق الف ، 4FH
ہو گیا:    لادق ج ، 08H
دوبارہ:    برآمد 04H
           گد
           گھٹا ج
           شغص دوبارہ
           رک
```

سوال ۱۳.۱۲: ایک برنامہ لکھیں جو مصافحہ استعمال کرتے ہوئے روزن 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 µs 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 باکا 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 باکا 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:

عرف	ہدایت
دائرہ:	لادق الف ، **05H** طلب **F020H** گھٹا الف شغص دائرہ لوٹ

پتہ	مواد
E100H	3EH
E101H	05H
E102H	CDH
E103H	20H
E104H	F0H
E105H	3DH
E106H	C2H
E107H	02H
E108H	E1H
E109H	C9H

سوال ۱۳.۱۸: ہدایت طلب **F060H** استعمال کر کے ایک منٹ وقفہ پیدا کرنے والا ذیلی معمولہ لکھیں۔

سوال ۱۳.۱۹: درج بالا معمولہ کا دستی ترجمہ کر کے پتہ $F080H$ پر رکھیں۔

جواب:

پتہ	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 بِٹ 4 پر 523.25 Hz کی آواز پیدا کرنے کے لیے برنامہ لکھیں۔

سوال ۱۳.۲۱: درج بالا کا دستی ترجمہ کر کے پتہ $2000H$ پر رکھیں۔

جواب:

پتہ	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

فرهنگ

basis,1
bidirectional,,43305
binarycodeddecimal(BCD),,70103
binarysystem,3
bit,,9199
boxdiagram,95
branch,317
buffer,41
    activehighnoninverting,42
    activehigh,inverting,42
    activelownoninverting,42
    activelow,inverting,42
bus
    control,261
byte,,9199

CAD,230
capacitor,292
carry,97
    in,100
    out,100
clear
    input,136
clock,,137142
code,68
    Gray,70
    uni,69
codes
    ascii,69
combinationallogic,95
commands,216
comments,323
accesstime,199
ACKNOWLEDGE,310
active,136
    high,,109,111136
    low,,113136
activelow,205
adder
    BCD,105
    full,100
    half,,96100
adder-subtractor,102
    onebyte,103
address,108
    ROM,297
addressbits,108
addressfield,269
addressedlocation,,203259
addressing
    direct,338
    immediate,338
    implied,338
    register,338
adjacentnumbers,246
ALU,,262309
amplifier,343
AND,27
AND-OR,,5873
ASIC,230
assembler,316
assemblylanguage,,216262
asynchronous
    combinationalcircuit,235

decoder,108
activelow,113
delay,233
demultiplexer,118
disabled,32
don’tcare,,90248

edge
falling,132
negativegoing,132
positivegoing,132
rising,,132255
enabled,32

fallthrough,319
false,31
feedback,133
signal,133
feedbacksignal,235
feedbacksignals,237
FF
D,146
T,153
flag,309
sign,309
zero,309
flipflop,131
D,negativeedge,146
D,positiveedge,146
JK,151
masterslave,142
T,151
floating,305
flowtable
nonprimitive,241
primitive,241
FPGA,230
frequency,137
full-waverectifier,292
fullstop,265
fundamentalmode,235
fuse,210

complement,14
1’s,14
10’s,13
2’s,13
9’s,14
configure,222
control,32
controlROM,297
controlunit,257
controlword,261
counter,131
binary,183
binary,ripple,184
binary,threebit,155
binary,serial,155
decimal,BCD,188
fourbitbinary,down,183
fourbitbinary,up,183
ring,194
ripple,184
synchronous,binary,fourbit,188
synchronous,threebit,185
synchronous,threebitbinary,186
variablelength,192
CPLD,225
CPLD,complexPLD,230
CS,chipselect,205
current
inputHIGH,40
inputLOW,40
outputLOW,40
cycle,244
execution,275
fetch,274
instruction,282
machine,281

datasheet,,4576
DeMorgan’slaws,54
debounce,291
decimalsystem,1

negative,131
positive,131
loop,322
loudspeaker,343
low,31
lowtime,137
lowestsignificantdigit,2
LSB,4
LSI,largescaleintegration,230

machinecycle
fixed,300
variable,300
machinelanguage,268
macroinstructions,283
mask,332
masterslave
negativeedgetriggered,145
matrix
control,294
maxterms,60
Mealy,164
memory,,131199
accesstime,219
binarycell,200
RAM,199
ROM,199
unit,200
memorydataregister,309
memoryreferenceinstructions,265
microcontroller,3
microinstruction,283
microprocessor,,216265
microprogram,283
minoritycircuit,126
minterms,57
monitor,307
Moore,164
Moore'slaw,230
mostsignificantdigit,2
MSB,5

gate
AND,31
NOT,33
OR,32
XNOR,39
XOR,39
gates,31
glitch,233

handshaking,,310333
hardware,325
Hertz,137
hexadecimal,7
high,31
hightime,137

IC
programmer,211
IC,integratedcircuit,,45205
inactive,136
input,27
inputoutputunit,257
instruction,216
instructionfield,269
instructionregister,259
interfacecircuit,262
internet,76

jump
conditional,319
unconditional,319

Karnaughmap,77
keyboard,307
kilobyte,205

label,323
language
assembly,262
machine,268
LED,262
logicsystem

source,316
programcounter,259
programmer,225
propagationdelay,133
propagationtime,184
pulse,138
pulsegenerator,195
pushbutton,268

race
critical,243
non-critical,243
racecondition,,140242
read,199
READY,307
register,173
output,262
parallelload,176
shiftleft,175
shiftright,173
reset
input,136
ROM
EEROM,200
UVerasable,200

sequence
detector,165
sequentiallogic,95
serial
in,307
out,310
serialadder
multibit,180
serialdatastream,345
serialin,177
serialout,177
set
input,136
instruction,329
sevensegmentdisplay,128
shiftregister
multiplexer,119
multiplier
binary,107
parallelbinary,123

NAND,36
NAND-NAND,,6573
nestedloops,340
nibble,9
noise,40
noisemargin
highstate,41
lowstate,41
nop,275
NOR-NOR,66
NOT,29

octalsystem,3
onehotbitassignment,247
opcode,,267310
operand,,267310
operation
memoryread,259
OR,28
OR-AND,61
oscillate,246
oscillator,245
OTP,200
output,,27177

PAL,programmablearraylogic,225
parameter,327
pin,32
PLA,programmablelogicarray,225
PLD,programmablelogicdevice,225
pointer,259
port
output,262
POS,61
presettable,297
printer,262
program,259

time
fall,133
hold,148
setup,148
timeperiod,,137188
times
rise,133
timingstates,271
trafficlights,341
transientstate,238
transitiontable,235
trigger,145
true,31

unstablecircuit,245
unstablecondition,235

VLSI,148
VLSI,verylargescaleintegration,230
voltage
inputHIGH,40
inputLOW,40
outputHIGH,39
outputLOW,40

weight,1
word,199
write,199

XNOR,30
XOR,29

universal,176
signbit,21
signal
electrical,183
ready,310
signed,21
software,323
SOP,58
spdt,291
spike,299
squarewave,343
SRFF,133
SRflipflop
activelowinputs,138
state,136
address,273
complete,252
counter,292
diagram,157
equation,156
false,136
high,136
highimpedance,,42203
increment,273
low,136
table,,156157
transition,233
tri,,42257
true,136
two,,42257
statevariables,238
subroutine,320
subset,327
switch,210
synchronous,137
sequentialcircuits,156

table
boolean,26
flow,240
truth,26

آقا غلام
کنارہ اترائی پر عمل کار، 145
آمد و رفت بتی، 341

احکامات، 216
ارتعاش، 246
ارکان جمع، 60
ارکان جمع کی ضرب، 61
ارکان ضرب، 57
ارکان ضرب کا مجموعہ، 58
اساس، 1
اساسی تکملہ، 12
اشارہ
برقی، 183
تیار، 310
اشارہ گر، 259
اعشاری نظام، 1
افزائش کار، 343
اقلیتی دور، 126
انتقال دفتر
عالمگیر، 176
انٹرنیٹ، 76
ایس آر
پست فعال مداخل، 138
ایک بلند بِٹ تقرری، 247

بازرسی، 133
اشارہ، 133
بازرسی اشارات، 237
بازرسی اشارہ، 235
بائٹ، 9، 199
بِٹ، 9، 199
برق گیر، 292
برقی دباو
بلند خارجی، 39
بلند داخلی، 40
پست خارجی، 40
پست داخلی، 40
برقی رو
بلند خارجی، 39
بلند داخلی، 40
پست خارجی، 40
پست داخلی، 40
برنامہ، 259
ماخذ، 316
مترجم، 316
بلاٹیک، 291
بلند، 31
بلند ترتیبی بِٹ، 5
بلند ترتیبی ثنائی ہندسہ، 5
بلند ترتیبی ہندسہ، 2
بلند فعال، 136
بلند گو، 343
بنیادی طریقہ کار، 235
بوولین
بلا شرکت جمع، 29
جمع، 28
ضرب، 27
نفی، 29
بہاو کا جدول
اوّلی، 241
غیر اوّلی، 241
بیدار، 205

پتہ، 108
بلاواسطہ انداز، 338
دفتری انداز، 338
متصل یا قریب انداز، 338
مضمر انداز، 338
پتہ بِٹ، 108
پتہ پختہ حافظہ، 297
پختہ حافظہ
ایک مرتبہ قابل لکھائی، 200
برق مٹتا، 200
شعاع مٹتا، 200
پرنٹر، 262
پروگرامر، 225
پڑھنا، 199
پست، 31
پست فعال، 136
پست فعال پن، 205
پلٹ کار، 131

آقا غلام، 142
ایس آر، 133
ٹی، 151، 153
جے کے، 151
ڈی، 146
ڈی، کنارہ اترائی لبلبی، 146
ڈی، کنارہ چڑھائی لبلبی، 146
پنیا، 32
پھیرا، 244
بازیابی، 274
تعمیلی، 275
مشینی، 281
ہدایتی، 282

تاخیر، 233
تبصرہ، 323
ترتیب
شناس، 165
ترتیبی دور
غیر معاصر، 235
ترتیبی منطق، 95
ترکیبی منطق، 95
ترکیبی منطقی ادوار
قابل تشکیل جمع، 225
قابل تشکیل ضرب، 225
قابل تشکیل ضرب و جمع، 225
تشکر، 310
تشکیل، 222
تعدد، 137
تکملہ
اساس منفی ایک، 14
ایک کا، 14
دس کا، 13
دو کا، 13
نو کا، 14
تیار، 307

ٹائپ کار تختی، 307

ثنائی مرموز اعشاریہ، 70
ثنائی مرموز عشری، 103
ثنائی نظام گنتی، 3
ثنائی ہندسہ، 9، 199

جدول
بوولین، 26
بہاو کا، 240
صداقت، 26
منطقی، 26
جزو پتہ، 269
جزو ہدایت، 269
جمع
منطقی، 28
جمع ع منفی کار، 102
ایک بائٹ، 103
جمع کار
ثنائی سلسلہ وار، 155
ثنائی مرموز عشری، 105
سلسلہ وار، متعدد بِٹ، 180
عشری، 105
مکمل، 100
نصف، 96، 100
جمع و ضرب، 61
جھنڈا، 309
صفر، 309
جھنڈا
علامت، 309

چوکور موج، 343

حال، 136
بڑھوتری، 273
بلند، 136
بلند رکاوٹی، 42، 203
پتہ، 273
پست، 136
دو، 42، 257
سہ، 42، 257
صادق، 136
فارغ، 275
کاذب، 136
گنت کار، 292

مساوات،156
مکمل،252
حاصل،97
خارجی،100
داخلی،100
حافظہ،131،199
اکائی،200
پختہ،199
دورانیہ رسائی،199،219
عارضی،199
حالت
ناپائیدار،235
حالت دوڑ،140،242
حال کا جدول،156،157
حال کا خاکہ،157
حال کے متغیرات،238
حصہ مسکور،6

خارجی دفتر،262
خارجی روزن،262
ختمہ،265
خرد برنامہ،283
خرد عامل کار،216،265،300
خرد قابو کار،3
خرد ہدایت،283
خروج،177

داب بتام،268
دخول و خروج مرکز،257
دستی
ترجمہ،316
دفتر،173
بائیں انتقال،175
دائیں انتقال،173
متوازی بھرائی،176
دفتر مواد،309
دفتر ہدایت،259
دور
ملاپی،262
دوڑ
بحرانی،243
غیر بحرانی،243

دورانیہ
اترائی،133
بلند،137
پست،137
تیاری،148
ٹھیراؤ،148
چڑھائی،133
ردعمل،133،184
دورانیہ رسائی،199
دوری عرصہ،137،188
دوطرفہ،43،305
دھڑکن پیداکار،195

ڈبہ شکل،95
ڈی مارگن کلیات،54

ذیلی معمولہ،320

راجع ہدایات،265
رتبہ،2
رقم زیر عمل،310
رمز،68
ایسکی،69
عالمی،69
گرے،70
ریزہ،9

زبان
مادری،262
مشینی،268
زیر عمل،267

سات کلی نمائشی تختی،128
سادس عشری،7
ساعت،137،142
دھڑکن،138
سخت افزار،325
سلسلہ
ذیلی،327
ہدایتی،329
سلسلہ وار
خارج،177

داخل، 177
مخارج، 310
مداخل، 307
سلسلہ وار مواد کی دھار، 345
سوزن، 299
سونج، 210
ایک قطب دوچال، 291
سیدھا گزرنا، 319

شاخ، 317
غیر مشروط، 319
مشروط، 319
ششدہی نظام، 7
شناخت کار، 108
پست مجاز، 113
دوباچار، 108
شور، 40
بلند حال گنجائش، 41
پست حال گنجائش، 41

صادق، 31
صحیح، 6

ضرب
منطقی، 27
ضرب بعد از جمع، 61
ضرب کار
ثنائی، 107
متوازی ثنائی، 123
ضرب متمم وضرب متمم، 73
ضرب متمم وضرب متمم منطقی دور
قابل تشکیل، 227
ضرب وجمع، 58
ضرب وجمع، 73

عارضی حافظہ
اکائی، 200
عبوری جدول، 235
عبوری حال، 233، 238
عرف، 323
عشری نظام، 1

علامت دار، 21
علامتی بٹ، 21
عمل پیرا
بلند، 109
پست، 113

غیر دلچسپ حال، 90
غیر ضروری، 248
غیر فعال، 136
غیر فعال کار
مداخل، 136
غیر مستحکم دور، 245
غیر وابسطہ، 305

فتیلہ، 210
فعال، 136
فعال کار
مداخل، 136

قابل پیش بھرائی، 297
قابل تشکیل
پیچیدہ ترتیبی دور، 230
قابل تشکیل منطقی دور، 225
قابو، 32
قابو پختہ حافظہ، 297
قابو لفظ، 261
قابو مرکز، 257
قالب
قابو، 294
قانون
مور، 230

کاذب، 31
کارناف نقشہ، 77
کسری، 6
کلاں ہدایات، 283
کلو بائٹ، 205
کمپیوٹر کی مدد سے تیار، 230
کم تر رتبی بٹ، 4
کم تر رتبی ثنائی ہندسہ، 4
کم تر رتبی ہندسہ، 2

کنارہ
اترائی،132
چڑھائی،132،255
مثبت،132
منفی،132

گزرگاہ
قابو،261
گنت کار،131
بے ترتیب،192
تین بِٹ، معاصر،185
ثنائی،183
ثنائی تین ہندسی،155
ثنائی مرموزاعشاری،188
ثنائی، معاصر، چاربِٹ،188
چاربٹ ثنائی، الٹ،183
چاربٹ ثنائی سیدھا،183
چھلا،194
لہریا،184
لہریا، ثنائی،184
متغیر لمبائی،192
معاصر، تین بِٹ ثنائی،186
گیٹ،31
بلاشرکت جمع،39
بلاشرکت جمع متمم،39
جمع،32
ضد بلاشرکت جمع،39
ضد ضرب،36
ضرب،31
ضرب متمم،36
نفی،33

لبلبی،145
لرزش،233
لفظ،199
لکھنا،199

مادری زبان،216،262
مائکروپراسیسر،216،300
مترجم،316
متمم،14
متمم جمع و متمم جمع،66
متمم ضرب و متمم ضرب،65
مجاز،32،109
بلند،111
مجموعہ ارکان ضرب،58
محیط دائرے،340
مخارج،27
مخاطب مقام،203،259
مخلوط دور،45،205
انتہائی وسیع پیمانہ،230
برنامہ نویس،211
خصوصی استعمال،230
وسیع پیمانہ،148،230
مداخل،27
مرتعش،245
مرکز حساب و منطق،262،309
مستحکم کار،41
بلند عمل پیرا غیر متمم،42
بلند عمل پیرا متمم،42
پست عمل پیرا غیر متمم،42
پست عمل پیرا متمم،42
مشینی پھیرا
متغیر،300
مقررہ،300
مشینی زبان،268
مصافحہ،310،333
معاصر
ترتیبی ادوار،156
معذور،32،109
معلوماتی صفحات،45،76
مقدار معلوم،327
مکمل لہر سمت کار،292
منتخب کار
خارجی،118
داخلی،119
منطقی ضد بلاشرکت جمع،30
منطقی نظام
مثبت،131
منفی،131

منطقی نفی،29
مور نمونہ،164
موقع پر قابل تشکیل گیٹ صف،230
میلی نمونہ،164

نرم افزار،323
نقاب،332
نگران،307
نوری ڈایوڈ،262

وزن،1
وقتیہ حال،271

ہدایت،216
ہدایت پڑھ عمل،259
ہدایت گنت کار،259
ہدایتی رمز،267،310
ہرٹز،137
ہشتمی ثنائی عدد،9
ہشتمی عدد،199
ہشتمی نظام،3
ہمسایہ اعداد،246
ہم عصر،137